



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

TEMA:

**“SOLDADORA SEMIAUTOMÁTICA TIG DE CASQUILLOS DE ACERO
INOXIDABLE PARA LA PEZONERA “MACRO 2.0”, PARA LA EMPRESA
MACRO EQUIPOS”**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
MECATRÓNICA**

AUTOR:

JOSÉ WLADIMIR VILLOTA BRACHO

DIRECTOR:

ING. DIEGO ORTIZ.

IBARRA, JULIO 2014



AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

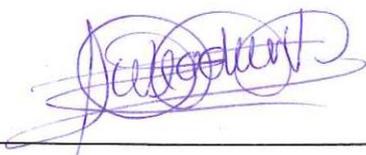
Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DEL CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	040176021-0
APELLIDOS Y NOMBRES:	JOSÉ WLADIMIR VILLOTA BRACHO
DIRECCIÓN:	AV. ATAHUALPA Y CALLEJON s/n
E-MAIL:	waldo_villota@hotmail.com
TELÉFONO MOVIL:	0988475963

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	"SOLDADORA SEMIAUTOMÁTICA TIG DE CASQUILLOS DE ACERO INOXIDABLE PARA LA PEZONERA "MACRO 2.0", PARA LA EMPRESA MACRO EQUIPOS".
AUTOR:	JOSÉ WLADIMIR VILLOTA BRACHO
FECHA:	2014-07-23
PROGRAMA:	PREGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERO EN MECATRÓNICA
DIRECTOR:	ING. DIEGO ORTIZ

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, JOSÉ WLADIMIR VILLOTA BRACHO, con cédula de identidad Nro. 040176021-0, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior, Artículo 144.



Nombre: JOSÉ WLADIMIR VILLOTA BRACHO

Cédula: 040176021-0

Ibarra, a los 23 días del mes de Julio del 2014



CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, JOSÉ WLADIMIR VILLOTA BRACHO, con cédula de identidad Nro. 040176021-0, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, Artículos 4,5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado "SOLDADORA SEMIAUTOMÁTICA TIG DE CASQUILLOS DE ACERO INOXIDABLE PARA LA PEZONERA "MACRO 2.0", PARA LA EMPRESA MACRO EQUIPOS", que ha sido desarrollada para optar por el título de Ingeniero en Mecatrónica en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato impreso y digital en la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Nombre: JOSÉ WLADIMIR VILLOTA BRACHO

Cédula: 040176021-0

Ibarra, a los 23 días del mes de Julio del 2014



DECLARACIÓN

Yo, JOSÉ WLADIMIR VILLOTA BRACHO, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional y certifico la veracidad de las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'José Wladimir Villota Bracho', is written over a horizontal line.

JOSÉ WLADIMIR VILLOTA BRACHO

C.I. 0410760210



CERTIFICACIÓN

En calidad de Director del Trabajo de Grado denominado "SOLDADORA SEMIAUTOMÁTICA TIG DE CASQUILLOS DE ACERO INOXIDABLE PARA LA PEZONERA "MACRO 2.0", PARA LA EMPRESA MACRO EQUIPOS", presentado por el señor JOSÉ WLADIMIR VILLOTA BRACHO, para optar por el título de Ingeniero en Mecatrónica, certifico que el mencionado proyecto fue realizado bajo mi dirección.

A handwritten signature in blue ink, which appears to read "Diego Ortiz", is written over a horizontal line.

Ing. DIEGO ORTIZ

DIRECTOR



DEDICATORIA

A mi abuelito que siempre desde niño me incentivo con su sabiduría, sus conocimientos, sus experimentos, consejos y lecciones de vida a estudiar una ingeniería relacionada con la mecánica y la electrónica, que aunque ya no está presente, tengo la certeza que siempre me acompaña en espíritu desde el cielo y me guía para tomar las decisiones acertadas.

A mi esposa y mi hijo con todo el amor que tengo porque son el motivo de inspiración para superarme y culminar mis estudios, porque siempre me han acompañado en las buenas y en las malas y han dedicado todo su tiempo, esfuerzo y amor para que todo el trabajo realizado con sacrificio tenga frutos dedicados a ustedes que son mi razón de ser.

José Wladimir Villota Bracho



AGRADECIMIENTO

A Dios que ha estado a mi lado en cada paso dado y en cada decisión tomada ayudándome a superar todos los obstáculos y manteniéndome firme ante las adversidades con el fin de cumplir mis propósitos.

A mis padres por haberme inculcado valores que han sido pilar fundamental para culminar mi carrera, por su amor, paciencia y por su ejemplo de vida dignos de superación y admiración, por su apoyo moral y económico incondicional durante toda mi vida estudiantil y en especial por todo el sacrificio que realizaron para educarme.

A mi hermano y mi hermana por acompañarme en cada uno de mis triunfos y fracasos demostrándome su amor y cariño.

A mis suegros por su comprensión, por motivarme y darme la mano cuando lo necesitaba y por su apoyo desinteresado que de una u otra manera han sido de gran ayuda para lograr cumplir esta meta.

Al Ingeniero Diego Ortiz por su disposición y colaboración en la realización del proyecto de titulación.

Y a los demás familiares y amigos que de una u otra manera colaboraron para que el proyecto culmine satisfactoriamente.

José Wladimir Villota Bracho

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	VI
AGRADECIMIENTO.....	VII
RESUMEN	XXI
ABSTRACT	XXII
1. CONCEPTOS GENERALES DE SOLDADURA Y PROCESOS.....	23
1.1. CONCEPTOS GENERALES DE SOLDADURA	23
1.1.1. La soldadura como unión metálica	23
1.1.2. Naturaleza de las superficies metálicas.....	24
1.1.3. Clasificación de los procesos de soldadura	24
1.2. Soldabilidad de los aceros inoxidable.....	25
1.2.1. Generalidades	25
1.2.2. Clasificación.....	25
1.2.3. Identificación.....	26
1.2.4. Procedimientos de soldadura	27
1.3. Soldadura TIG (arco de tungsteno con gas)	27
1.3.1. Descripción y características del proceso.....	28
1.3.2. Equipo	29
1.3.3. Gas de protección.....	30
1.3.4. Electrodo.....	30
1.3.5. Seguridad de soldadura.....	31
1.4. Propiedades de los aceros inoxidable.....	31
1.5. Soldadura para procesos automáticos y semiautomáticos	32
1.5.1. Beneficios de la soldadura Semiautomática	32
2. CONCEPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA.....	35

2.1.	Selección de la máquina soldadora TIG.....	35
2.1.1.	Equipos y materiales	36
2.1.2.	Fuente de poder	37
2.1.3.	Gases protectores	40
2.1.4.	ANTorcha o pistola	41
2.1.5.	Electrodos.....	43
2.2.	Procedimiento experimental del proceso TIG	44
2.3.	Normas de seguridad del sistema.....	46
2.3.1.	Circuitos con corriente:.....	46
2.3.2.	Línea a tierra:.....	47
2.3.3.	Cambio de polaridad:.....	47
2.3.4.	Cambio del rango de amperaje:.....	47
2.3.5.	Circuito de soldadura:.....	47
2.3.6.	Seguridad en operaciones de soldadura	48
2.4.	DIAGRAMA DE BLOQUES	50
2.5.	Establecimiento de requisitos	51
2.5.1.	Equipo de soldadura TIG	51
2.5.2.	Fuente de poder	51
2.5.3.	Antorcha	52
2.5.4.	Electrodos:.....	54
2.5.5.	Gas de protección:.....	56
2.6.	Delineación de subsistemas.....	57
2.6.1.	Subsistema de soldadura TIG	57
2.6.2.	Subsistema mecánico.....	58
2.6.3.	Subsistema de control de posicionamiento y velocidad.....	59
2.6.4.	Subsistema de respuesta	59

3.	SISTEMA DE SOLDADURA	61
3.1.	Subsistema de soldadura TIG	61
3.1.1.	equipo TIG.....	61
3.1.2.	Establecimiento de parámetros variables	63
3.2.	Subsistema mecánico	63
3.2.1.	Mecanismo de posicionamiento de la pistola de suelda	64
3.2.2.	Eje giratorio para el casquillo.....	73
3.3.	Subsistema de control de posicionamiento y velocidad	75
3.3.1.	Sensores	75
3.3.2.	Indicador de caudal	77
3.3.3.	Controlador lógico programable.....	77
3.4.	Subsistema de respuesta.....	91
3.4.1.	Selección del actuador eléctrico.	91
3.4.2.	Dimensionamiento de actuadores eléctricos	92
4.	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE SOLDADURA	101
4.1.	Construcción de la estructura.....	102
4.2.	Ubicación del mecanismo de posicionamiento.....	104
4.3.	Ubicación del eje giratorio	106
4.4.	Implementación del sistema de control	107
4.4.1.	Controlador lógico programable PLC.....	109
4.4.2.	Fuente del controlador.....	110
4.4.3.	Drivers de motores paso a paso.....	110
4.4.4.	Fuente de potencia	110
4.4.5.	Motores paso a paso Bipolares	110
4.5.	Calibración del sistema	111
4.6.	Pruebas.....	112

4.6.1.	Análisis de las pruebas del proceso de soldadura.....	114
4.6.2.	defectos y causas que pueden aparecer en la soldadura.....	122
4.7.	Análisis de resultados	123
4.7.1.	especificacion del procedimiento de soldadura EPS para acero inoxidable.....	124
4.8.	Análisis de costos.....	127
4.8.1.	costos del proyecto.....	127
4.8.2.	costos de consumo electrico del sistema.	130
4.9.	Análisis costo-beneficio.....	132
4.9.1.	Análisis de costos de importación del producto.....	133
4.9.2.	Análisis de costos de producción del casquillo.....	134
4.9.3.	Periodo de recuperación de la inversión.....	137
5.	CONCLUSIONES	139
6.	RECOMENDACIONES	141
7.	ANEXOS	142
7.2.	tubo de acero inoxidable	142
7.3.	especificaciones del plc+hmi xinje	144
7.3.1.	especificaciones generales.....	144
7.3.2.	especificaciones del hmi.....	145
7.3.3.	Especificaciones del plc.....	148
7.4.	especificaciones del driver wantai DQ542Ma.....	152
7.4.1.	resolución de pasos por revolución.	152
7.4.2.	salida de corriente (A).....	152
7.5.	rodamientos KOYO (2RD1DM3).	153
7.6.	Chumacera (UCP 204).....	154
7.7.	MOTORES PASO A PASO (SST43D212).....	155

7.8. Manual de usuario.....	157
8. bibliografia.....	163

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Identificación de los tipos de aceros inoxidables	26
Tabla 2 Tamaño de boquilla	43
Tabla 3 Procedimiento experimental TIG.	44
Tabla 4 Dimensiones de la guía vertical.....	66
Tabla 5 Dimensiones del soporte de guías	67
Tabla 6 Dimensiones del carro vertical	68
Tabla 7 Soporte de la antorcha	69
Tabla 8 Dimensiones del eje del casquillo	75
Tabla 9 Criterios para la selección del PLC	78
Tabla 10 Especificación de las entradas	81
Tabla 11 Especificaciones de las salidas a relé.	82
Tabla 12 Especificaciones de las salidas a transistor de alta velocidad.....	83
Tabla 13 Especificaciones de las salidas a transistor normal	84
Tabla 14 Distribución de entradas y salidas del PLC	85
Tabla 15 Variables de software y HMI.....	86
Tabla 16 Pruebas del proceso.....	114
Tabla 17 Análisis de las probetas a 15 A	117
Tabla 18 Análisis de probetas de 30 A.....	118
Tabla 19 Análisis de probetas de 50 A.....	119
Tabla 20 Análisis de probetas de 60 A.....	120
Tabla 21 Análisis de probetas de 80 A.....	121
Tabla 22 Defectos y causas en el proceso de soldadura.	122
Tabla 23 Costos de construcción de la estructura mecánica.	128

Tabla 24 Costos de implementación del Sistema de Control	128
Tabla 25 Costos de la máquina de soldadura TIG	129
Tabla 26 Costos directos totales	129
Tabla 27 Costos totales indirectos	130
Tabla 28 Costos totales.....	130
Tabla 29 Consumo de energía eléctrica del sistema.....	132
Tabla 30 Costo de importación del casquillo.	133
Tabla 31 Distribución y venta.	133
Tabla 32 Utilidad o ganancias	134
Tabla 33 Materia prima diaria.....	134
Tabla 34 Materiales y herramientas de preproducción.....	135
Tabla 35 Costo de elaboración de casquillos.	136
Tabla 36 Costos de soldadura.....	136
Tabla 37 Costo de producción por casquillo.	137
Tabla 38 Utilidad neta.	137

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Características de la suelda TIG.	36
Figura 2 Forma de onda de corriente alterna	37
Figura 3 Onda AC vs DC o AC rectificada.	38
Figura 4 DCEN.	38
Figura 5 TIG con DCEN.	39
Figura 6 TIG con DCEP.	40
Figura 7 Diagrama de bloques.	50
Figura. 8 Fuente de poder o maquina TIG.	52
Figura 9 Antorcha TIG.	53
Figura 10 Mandriles.	53
Figura 11 Boquillas.	54
Figura 12 Configuración del electrodo para DCEP.	55
Figura 13 Electrodo de Tungsteno	56
Figura 14 Afilado del electrodo.	56
Figura 15 Sistema de soldadura TIG.	64
Figura 16 Geometría del mecanismo de posicionamiento.	65
Figura 17 Geometría guía vertical	65
Figura 18 Geometría de soporte de guías y tornillo.	66
Figura 19 Geometría del carro vertical	67
Figura 20 Soporte de la antorcha	69
Figura 21 Forma de rosca estándar de ISO	71
Figura 22 Tornillo	71
Figura 23 Casquillo de Acero Inoxidable	74
Figura 24 Geometría del Eje del casquillo	74
Figura 25 Sensor de contacto	76

Figura 26 Reguladores de presión o Manorreductores.	77
Figura 27 Controlador lógico programable XP3 XINJE.	80
Figura 28 Diagrama de conexión de entradas.....	81
Figura 29 Diagrama de conexión de salidas a relé	82
Figura 30 Diagrama de conexión de las salidas a transistor normal	84
Figura 31 Diagrama de conexión de PLC con driver de un motor paso a paso. ..	85
Figura 32 Diagrama de conexiones.....	89
Figura 33 Diagrama de flujo.	90
Figura 34 Diagrama de funcionamiento de un motor paso a paso	92
Figura 35 Perfil de movimiento partir-parar	93
Figura 36 Motor paso a paso Nema 17	95
Figura 37 Motor paso a paso Nema 23	98
Figura 38 Driver Wantai DQ542MA	99
Figura 39 Diagrama de bloques de conexión NPN.	100
Figura 40 Cobertor.	102
Figura 41 Estructura mecánica.....	103
Figura 42 Mecanismo	104
Figura 43 Eje casquillo	106
Figura 44 Tablero de Control.....	108
Figura 45 Panel de control	108
Figura 46 Prueba del proceso a 15 A.....	116
Figura 47 Prueba del proceso a 30 A.....	117
Figura 48 Prueba del proceso a 50 A.....	118
Figura 49 Prueba del proceso a 60 A.....	119
Figura 50 Prueba del proceso a 80 A.....	120
Figura 51 Análisis no destructivo.....	122

SIGLAS Y SIMBOLOS

TIG: Tungsten inert gas proceso de soldadura de arco con electrodo de tungsteno no consumible bajo la protección de un gas inerte.

AISI: American Iron and Steel Institute. (Instituto Americano del Hierro y del Acero) organización encargada de normalización y estandarización de materiales.

SAE: Society of Automotive Engineers. (Sociedad de Ingenieros Automotores) organización encargada de normalización y estandarización de materiales.

SMAW: Shielded metal arc welding (soldadura por arco metálico revestido) o MMA manual metal arc welding (soldadura manual por arco de metal revestido).

MIG: proceso de soldadura por arco bajo gas protector con electrodo consumible.

ZAC: zona afectada por el calor.

AC: Corriente alterna

DC: Corriente directa o continua.

AWS: American Welding Society (Sociedad Americana de Soldadura), organización encargada de la normalización y estandarización de todo lo referente a soldadura.

EPP: Equipo de protección personal.

A: Amperios unidad de medida de la corriente.

DCEN: corriente directa o continua con electrodo o polaridad negativa.

DCEP: corriente directa o continua con electrodo o polaridad positiva.

ANSI: *American National Standards Institute* es una organización que supervisa el desarrollo de estándares para productos, servicios, procesos y sistemas en los Estados Unidos

ISO: Organización Internacional para la Estandarización.

EWP: electrodo de tungsteno puro.

EWCe: electrodo de tungsteno aleado con Ceria (CeO_2) 1.8% a 2.2%.

EWLa: electrodo de tungsteno aleado con Lanthana (La_2O_3) 0.9% a 2.2%.

EWTh: electrodo de tungsteno aleado con Thoria (ThO_2) 0.8% a 2.2%.

EWZr: electrodo de tungsteno aleado con Zirconia (ZrO_2) 0.15% a 0.40%

PLC: Controlador lógico programable es un dispositivo electrónico que hace la función de sistema central.

ON: encendido o alimentación de un equipo o dispositivo eléctrico o electrónico.

OFF: apagado de un equipo o dispositivo eléctrico o electrónico.

rpm: revoluciones por minuto.

Vol: unidad de volumen expresado en metros cúbicos o milímetros cúbicos.

ρ : densidad es la cantidad de masa m contenido en un determinado volumen

m : masa y su unidad de medida Kg

W : peso y su unidad de medida Newton (N)

l : avance, distancia que avanza la tuerca cuando se da una vuelta,

λ : ángulo de avance, es el ángulo que forma una tangente a la hélice con un plano normal al eje del tornillo.

p: paso es la distancia entre dos hilos adyacentes.

RH: rosca derecha.

RL: rosca izquierda.

σ : esfuerzo.

Tu: par requerido para elevar una carga.

Td: par requerido para bajar una carga.

HMI: Human Machine Interface (Interfaz Hombre Máquina). Es el instrumento que presenta los datos al operador y a través del cual éste controla un determinado proceso.

XP/XMP-18: serie del controlador lógico programable.

R&T: configuración de las salidas del controlador lógico programable, R salidas a relé y T salidas a transistor.

LCD: liquid crystal display (pantalla de cristal líquido), donde se visualiza los diferentes parámetros, funciones y variables de un sistema.

M: memorias internas del PLC que se usan para diferentes funciones como switch o interruptores entre otros.

T: temporizadores usados para configurar una acción determinada durante un tiempo establecido.

C: contadores su función es contar una serie de acciones configuradas en el controlador.

D: Registro de datos guarda variables de datos que se configuran con un determinado uso en el PLC.

FD: Registros Flash Rom.

ED: Extensión de registros D.

XCPro: Software de programación del controlador lógico programable.

IP: nivel o grado de protección de un determinado dispositivo ante agentes del ambiente.

NPN: configuración de las salidas a transistor del PLC

COM: puerto común de entrada y salida del PLC.

X: entradas del controlador.

Y: salidas del PLC.

PAP: motor paso a paso.

J: torque.

Mc: momento de carga.

P: potencia.

RESUMEN

En el presenta proyecto se ha desarrollado el diseño, construcción e implementación de un sistema de soldadura semiautomática para casquillos de acero inoxidable, la misma que cuenta con un sistema mecánico, un sistema de control y la máquina de soldadura TIG.

El propósito final del proyecto es de implementar la producción de casquillos para pezoneras en la empresa ya que actualmente es importado y con la fabricación se obtiene un costo beneficio a corto y largo plazo muy rentable.

El sistema mecánico consta de una estructura mecánica, de un cobertor, de un mecanismo de posicionamiento para la torcha de soldadura y de un eje giratorio para soporte del casquillo de acero inoxidable.

El sistema de control consta de un PLC+HMI el cual controla todas las acciones de los periféricos de entrada y salida, también consta de una fuente de 24V 2A para el mismo y una de 10 A para los dos drivers de los motores paso a paso los cuales reciben las señales del controlador y las envían a los actuadores controlando su giro y posicionamiento exacto.

Con la implementación de la maquina se logra controlar las variables más importantes en el proceso de soldadura como el encendido del arco con posicionamiento de la torcha fijo y el avance del metal base constante obteniendo un control de giro del eje del casquillo logrando un cordón de soldadura uniforme y de mejores características que uno realizado manualmente.

La máquina está diseñada para producir aproximadamente 38 casquillos diarios cubriendo con esto la demanda actual y futura de la empresa.

ABSTRACT

The project has developed the design, construction and implementation of a system for semi-automatic welding stainless steel caps, the same which has a mechanical system, a control system and TIG welding machine. .

The final purpose is to implement the production of caps for liners in the business as it is currently imported and manufacture a cost benefit highly profitable long term is obtained.

The mechanical system consists of a mechanical structure, a blanket, a positioning mechanism for the welding torch and a rotating shaft to support the stainless steel cap.

The control system consists of a PLC + HMI which controls all actions of peripheral input and output , also consists of a source of 24 V, 2 A for the same and one of 10 A for the two drivers of the motors stepper which receive signals from the controller and sent to the actuators controlling your rotation and accurate positioning.

The implementation of the machine are able to control the most important variables in the process of welding and arc ignition with fixed positioning of the torch and the advance of obtaining a consistent basis metal spinner shaft bushing making a weld uniform and better features than one performed manually.

The machine is designed to produce approximately 38 caps with this daily covering the current and future demands of the business.

CAPÍTULO I

1. CONCEPTOS GENERALES DE SOLDADURA Y PROCESOS

1.1. CONCEPTOS GENERALES DE SOLDADURA

En primera instancia se hace hincapié en los conceptos básicos de soldadura, sus principios, naturaleza y características más relevantes tomando en cuenta que nuestro interés va encaminado exclusivamente a la soldadura de acero inoxidable.

1.1.1. LA SOLDADURA COMO UNIÓN METÁLICA

“El primer paso hacia la comprensión de los procesos de soldadura constituye el análisis de los fenómenos, que intervienen cuando se produce el contacto de dos superficies sólidas.

Los metales están constituidos por granos.

El tamaño medio de estos granos es variable y cada grano está separado de sus vecinos por una zona de transición, que se conoce como límite de grano. Los límites de grano desempeñan un papel importante en la determinación de las propiedades mecánicas de un metal.

En adecuado contacto dos superficies de este tipo, hay la posibilidad de reproducir este fenómeno en forma controlada, lo que da origen a los procesos de soldadura” (Soldexsa-Oerlikon, 2008, pág. 22).

1.1.2. NATURALEZA DE LAS SUPERFICIES METÁLICAS

“En la explicación anterior se ha considerado dos superficies metálicas ideales, como para que se establezca un íntimo contacto entre ellos. Sin embargo las superficies metálicas raramente se encuentran en ese estado, lo que impide en la práctica la reproducción del proceso de soldadura ideal.

Para comprender los procesos reales, es necesario analizar las características de las superficies reales, tal como ocurren en la naturaleza. Cualquier superficie real examinada en la escala atómica es extremadamente irregular.

Dado que estas irregularidades se encuentran distribuidas al azar, es sumamente improbable que poco más que algunos átomos se pongan en contacto íntimo.

De este análisis surgen las dificultades, que se presentan para lograr una unión metálica adecuada al poner dos cuerpos en contacto. Sin embargo, la ciencia de la Soldadura se ocupa de estudiar los medios prácticos, para producir uniones átomo a átomo a través de superficies metálicas preexistentes y en un número suficiente para otorgar resistencia mecánica satisfactoria.

Los recursos empleados para lograr este objetivo nos permitirán hacer una clasificación de los procesos de soldadura” (Soldexsa-Oerlikon, 2008, pág. 22).

1.1.3. CLASIFICACIÓN DE LOS PROCESOS DE SOLDADURA

“Son múltiples las posibilidades de aplicación de estos procesos de soldadura.

Su campo de aplicación depende, entre otras cosas, del material a soldar, de su espesor, de los requisitos que debe satisfacer la costura, y de la construcción.

La multiplicidad de la ejecución de la costura, tanto en la forma como en el método y las aplicaciones, ha conducido al desarrollo de muchos procesos con esta técnica.

La selección del proceso más favorable, adecuado y económico de soldadura presupone el conocimiento de la manera de ejecutarla y sus peculiaridades” (Soldexsa-Oerlikon, 2008, pág. 22).

1.2. SOLDABILIDAD DE LOS ACEROS INOXIDABLES

1.2.1. GENERALIDADES

“La designación Acero Inoxidable es el término usado para especificar aquellos aceros aleados que tienen gran resistencia contra agentes corrosivos, como el agua, el agua marina, la atmosfera o el medio ambiente y las soluciones salinas, ácidas, etc.

En diferentes grados de concentración; las propiedades de estos aceros se obtienen por aleación con distintos componentes, en especial el cromo, el níquel, molibdeno, manganeso, silicio, cobre, titanio, niobio, etc.

La resistencia a la corrosión proviene de una película de óxido, que se forma en la superficie del metal y que contiene notables cantidades de cromo. De no existir esta película, el metal queda expuesto a una corrosión rápida como la del acero dulce. Este óxido protector debe contener como mínimo 12% de cromo” (Soldexsa-Oerlikon, 2008, pág. 124).

1.2.2. CLASIFICACIÓN

“Los aceros inoxidables, en base a su estructura desde el punto de vista metalúrgico se clasifican en tres grandes grupos:

Austenítico

- Tipo inoxidable al cromo-níquel
- Tipo inoxidable al cromo-níquel-manganeso

Ferríticos

- Tipo inoxidable al cromo

Martensíticos

- Tipo inoxidable al cromo

Esta variedad de tipos de acero inoxidable hace que, para realizar la soldadura, se requiere también una variedad de metales de aporte, destinados a la soldadura de aceros inoxidables, cuyo depósito es de las mismas características o superiores que las del metal base” (Soldexsa-Oerlikon, 2008, pág. 124).

1.2.3. IDENTIFICACIÓN.

“Las entidades American Iron and Steel Institute (AISI) y Society of Automotive Engineers (SAE) en interés de normalizar los aceros inoxidables, han establecido el sistema de clasificación.

Se emplea un sistema numérico para identificar los tipos inoxidables y los resistentes al calor, conforme a tres grupos mencionados, y sus derivados mostrados en la tabla 1. En los aceros de tres dígitos, el primero es indicativo del grupo a que pertenecen y los últimos se refieren al tipo. Para expresar las modificaciones de los tipos que se agregan letras” (Soldexsa-Oerlikon, 2008, pág. 124).

Tabla 1 Identificación de los tipos de aceros inoxidables

Grupo	Nº de serie	Descripción
Austenítico	2xx	Aceros al cromo-níquel-manganeso; no maquinables austeníticos y no magnéticos
Austenítico	3xx	Aceros al cromo-níquel; maquinables austeníticos y no magnéticos
Martensíticos	4xx	Aceros al cromo; maquinables, martensíticos y magnéticos
Ferríticos	4xx	Aceros al cromo; no maquinables, ferríticos y magnéticos (bajo carbono)

Fuente: Soldexsa - Oerlikon.

1.2.4. PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA

La soldadura de los aceros inoxidable requiere tomar en consideración los condicionamientos.

- *Limpieza de la junta.*- limpiar cuidadosamente la junta para eliminar residuos de material carbonoso u otras partículas extrañas que pueden alterar el depósito de soldadura o contribuir a la formación de inclusiones de tungsteno en el baño de fusión.
- *Alineamiento y apuntalado.*- una de las principales precauciones que hay que tener en cuenta es el alineamiento en el eje sujetándolo axialmente y radialmente y el apuntalado, debido a las altas deformaciones que presenta este material durante el proceso de soldeo.
- *Abertura de raíz.*- fijarse que las aberturas de raíz sean adecuadas para compensar la expansión térmica del acero inoxidable, teniendo presente, además, la uniformidad de la unión. Cuanto más delgado es el material, más estrecha debe ser la abertura de la raíz, en nuestro caso no hay abertura de raíz porque la junta es a tope y cuadrada.
- *Uso de disipadores de calor.*- pueden usarse disipadores de calor para remover el calor del área de soldadura y para ayudar a reducir al mínimo la distorsión.
- *Mantener el arco estable.*- para mejorar la calidad del depósito de soldadura y minimizar distorsiones.

1.3. SOLDADURA TIG (ARCO DE TUNGSTENO CON GAS)

El conocimiento del tipo de proceso de soldadura a utilizar es de vital importancia para conseguir todos los requerimientos necesarios por el proceso y el material a soldar, a continuación se mencionara aspectos básicos y necesarios para el uso de soldadura TIG, el cual se ha seleccionado por sus múltiples ventajas con respecto a otros procesos como SMAW y MIG debido a que estos presentan desventajas al soldar acero inoxidable de un espesor de 1.6 mm, como el

acabado, producción de salpicadura en el arco y su inclusión en el baño de fusión.

El proceso TIG puede usarse para soldar más materiales que cualquier otro proceso, además permite trabajar con corriente continua y alterna

Este produce soldaduras muy limpias y de alta calidad, lo que la hace una opción ideal para aplicaciones como esta en donde la estética es muy importante.

No produce chispas, salpicaduras ni humos, lo que lo hace un proceso limpio, lo que es de gran ayuda al momento de realizar la limpieza y acabado después de la soldadura, de igual forma reducirá los costos de operación después de la soldadura.

La gran ventaja de este método es la obtención de cordones más resistentes, dúctiles y menos sensibles a la corrosión y permite soldar más tipos de metales y aleaciones metálicas que cualquier otro proceso de soldadura de arco en especial aceros inoxidable y aleaciones.

1.3.1. DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO

“La soldadura por arco de tungsteno con gas (TIG) es un proceso, en que la fusión es producida por el calor de un arco que se establece entre un electrodo de tungsteno no consumible y la pieza. La protección se obtiene de un gas inerte (argón o helio)” (Soldexsa-Oerlikon, 2008, pág. 36).

El arco, el electrodo de tungsteno y la protección del gas sobre la pieza de trabajo entran en el proceso TIG.

Las características sobresalientes de la soldadura TIG son:

- Excelente calidad de la soldadura en casi todos los metales y aleaciones empleados por la industria haciendo hincapié en el acero inoxidable.

- Prácticamente no se requiere ninguna limpieza posterior en algunos casos por tener un arco concentrado lo que permite el control de entrada de calor a la pieza de trabajo obteniendo una estrecha zona afectada por el calor (ZAC), por lo que no existe un sobrecalentamiento que afecte el metal base o de trabajo.
- Arco y baño de fusión son claramente visibles para el soldador, gracias al gas inerte que envuelve el arco de soldadura.
- La soldadura es posible en todas las posiciones y aplicable a varios espesores.
- No se produce escoria ni salpicadura que podría quedarse atrapada en el cordón de soldadura al ser un proceso de soldadura claramente visible por el soldador y no existe salpicadura ya que no hay transferencia de metal en el arco de fusión.

1.3.2. EQUIPO

“Los principales componentes del equipo requerido para el proceso TIG son:

- La máquina de soldar.
- La antorcha o pistola y los electrodos de tungsteno.
- Los alambres para metal de relleno (si emplea).
- El gas protector y controles.

La máquina de soldar.- para el proceso TIG se emplea una fuente de poder de diseño especial. Puede ser un rectificador con AC/DC o un generador de corriente continua (DC) con una unidad de alta frecuencia.

La selección de corriente AC o DC depende del material a soldar. Corriente alterna es recomendada para la soldadura de aluminio y magnesio; corriente continua se recomienda para soldadura de aceros inoxidables, hierro fundido, acero dulce, cobre, níquel y aleaciones y plata. Una típica máquina de soldar TIG

opera con un amperaje de 3 a 350 amperios, con 10-35 voltios y un ciclo de servicio de 60% - 100%.

La antorcha o pistola.- sujeta el electrodo de tungsteno y dirige el gas protector y la energía de soldar al arco. Las pistolas pueden ser enfriadas por agua o aire, lo que depende del amperaje de la corriente para soldar” (Soldexsa-Oerlikon, 2008, pág. 37).

1.3.3. GAS DE PROTECCIÓN

Un gas inerte, sea argón, helio o una mezcla de ambos, protege el arco de soldadura de los gases perjudiciales presentes la atmosfera y permite al soldador visualizar claramente el proceso. El argón es el más usado, por su accesibilidad y su bajo costo, siendo más pesado que el helio y proporcionando mejor protección a un menor grado de presión lo que conlleva a una menor cantidad de uso de gas en cada proceso de soldadura.

1.3.4. ELECTRODOS

Los electrodos que se emplean para el proceso de soldadura TIG son de tungsteno y aleaciones. Tienen un punto de fusión muy elevado 3410 °C y prácticamente no se consumen siempre y cuando no entre en contacto con el baño de fusión, por esta razón el electrodo no toca el baño fundido. En posición apropiada, el electrodo es sostenido encima de la pieza de trabajo o metal base, y es el calor intenso procedente del arco el que mantiene el baño en estado líquido, que al solidificarse logra la unión de dos piezas.

Los electrodos son de tungsteno puro siendo los más baratos, los de tungsteno con 1-2% de torio son considerados de larga vida por su duración o los de tungsteno aleado con circonio que producen menor contaminación al soldar. Los diferentes tipos de tungsteno y aleaciones son fácilmente reconocibles según un código de color normalizado por la AWS. Se presentan de acuerdo al fabricante en varios diámetros dependiendo del uso y la aplicación.

Se puede o no emplear metal de aporte en el proceso de soldadura. Normalmente es empleado, con excepción de casos en que se suelda piezas delgadas, en nuestro caso el material de aporte no es necesario ya que el espesor del casquillo es de 1.6mm. La composición del metal de aporte en caso de uso debe ser adecuada para cada pieza de trabajo. Los diámetros de las varillas de metal de aporte dependen del espesor del metal base y de la corriente para soldar los mismos que vienen especificados en tablas estandarizadas por la AWS. La alimentación del metal de aporte puede ser manual o automática.

1.3.5. SEGURIDAD DE SOLDADURA

Para proteger la piel del soldador contra la exposición de la luz brillante emitida por el arco, debe usarse apropiada vestimenta de protección, un EPP adecuado.

Para proteger la cara y los ojos contra el arco se requiere una máscara; con un vidrio de filtro la misma que le permite al soldador observar el desarrollo del proceso de soldadura, hay que tomar en cuenta el número de luna que se emplee, el cual está en función del proceso de soldadura que se está utilizando, como en este caso se recomienda un número 12 o 14, también se debe tomar en cuenta el amperaje con el cual se está trabajando para elegir el número de luna adecuado, tomando en cuenta también que lo más recomendable hoy en día es el uso de máscaras electrónicas apropiadas para este proceso de soldadura TIG.

Hay que tomar en cuenta que al soldar en áreas confinadas se requiere ventilación.

1.4. PROPIEDADES DE LOS ACEROS INOXIDABLES.

Es una aleación de hierro con un porcentaje de cromo el cual crea una película externa que mejora las propiedades del mismo y con aleaciones de níquel, molibdeno entre otros para mejorar sus propiedades. Resistencia a la corrosión una de las propiedades características del acero inoxidable por su aleación con el

romo, níquel creando una capa superficial dando resistencia a la corrosión y oxidación ante agentes externos existentes en el medio ambiente.

De acuerdo a la aleación presentan facilidad de maquinado, tratamiento térmico, soldabilidad, factor de higiene y limpieza.

Propiedades físicas y mecánicas como la dureza, resistencia y ductilidad, punto de fusión, conductividad térmica.

1.5. SOLDADURA PARA PROCESOS AUTOMÁTICOS Y SEMIAUTOMÁTICOS

La automatización de los procesos de soldadura no solo mejora la calidad y el tiempo de producción. También reduce costos de muchas formas que no siempre son consideradas.

Se debe tomar en cuenta algunos aspectos importantes con respecto a los procesos automáticos y semiautomáticos de soldadura.

1.5.1. BENEFICIOS DE LA SOLDADURA SEMIAUTOMÁTICA

Se pueden encontrar beneficios inesperados al soldar semiautomática y automáticamente con una máquina o proceso automatizado. Normalmente se busca mejorar la calidad y productividad considerando la reducción de costos de cada mes. Esencialmente sacando la antorcha de los soldadores y montándola en un mecanismo para soldar se tiene un control exacto de muchas variables que son esenciales en el proceso de soldadura como:

1.5.1.1. Velocidad de avance

La velocidad de avance es crítica en el proceso de soldadura. Incluso el mejor soldador no puede mantener una velocidad constante durante el total de la soldadura.

Como el soldador se fatiga conforme avanza su jornada de trabajo, la precisión también puede caer drásticamente. Los resultados pueden ser ambos, sobre soldadura o falta de fusión en el cordón de soldadura lo que representa costos adicionales e innecesarios en el proceso.

1.5.1.2. Angulo de la antorcha

El ángulo de la antorcha es esencial para crear soldaduras balanceadas. Las soldaduras desbalanceadas aumentan la sobre soldadura. Adicionalmente, la forma del cordón de soldadura es afectada y se pueden producir defectos que requerirán de costosas reparaciones. Esta variable es muy difícil de controlar en una soldadura manual respecto a los procesos automáticos que mantienen el ángulo de la torcha constante durante todo el día y todos los días.

1.5.1.3. Angulo de avance de la torcha o del metal base

Manteniendo un ángulo de avance adecuado asegura una buena forma del cordón, buena fusión y penetración en el metal base. Los procesos semiautomáticos y automáticos están diseñados para ser utilizados en la posición de empuje o de arrastre de la torcha o del metal base. Un control equilibrado de esta variable permite soldaduras de alta calidad.

1.5.1.4. Distancia del electrodo a la pieza

La distancia del electrodo a la pieza es también importante para obtener soldaduras de calidad. Esta distancia asegura buena penetración y evita el sobrecalentamiento del material base reduciendo la distorsión en el área de soldadura. Una mala penetración y fusión afectará la calidad de la soldadura.

1.5.1.5. Posición del electrodo

La posición del electrodo es una variable muy importante que requiere de mucho cuidado. Una posición inadecuada del electrodo origina una fusión incompleta y/o mala penetración. Estas fallas se pueden evitar básicamente automatizando el

proceso de soldadura ya que la distancia del electrodo con la pieza es la misma para todo el proceso de soldadura.

CAPÍTULO II

2. CONCEPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA

2.1. SELECCIÓN DE LA MÁQUINA SOLDADORA TIG

Los dos parámetros básicos con los que se trata en la soldadura son la cantidad de corriente en el circuito, y la cantidad de voltaje.

Para comprar una máquina de soldar, debe indicarse la fuente de corriente eléctrica que va a utilizarse, es decir a la cual va a conectarse la máquina.

- Clase de corriente de la red general.
- El voltaje de la línea (220 voltios).
- Línea de corriente alterna (monofásica o trifásica).

Se debe tomar en cuenta el amperaje y la distancia en metros desde la máquina de soldar al punto de trabajo.

Capacidad nominal de la máquina de soldar, la cual generalmente se expresa en términos de corriente suministrada por la maquina al arco, a un determinado voltaje con carga y para un ciclo de trabajo determinado.

Como se puede observar con un funcionamiento menor que 124 A trabaja con un ciclo de trabajo del 100% es decir continuo, y si la maquina trabaja hasta los 200 A esta opera con un ciclo del 60%, es decir, que suelda continuamente 6 minutos y descansa cumpliendo el ciclo de 10 minutos de trabajo.

TYPE: TIG-200SII		NO.: [REDACTED]	
[Symbol]		EN 60974-1:2005	
[Symbol]	[Symbol]	20A/10.8V-200A/28V	
S	U ₀ 66V	X	60% 100%
		I ₂	200A 124A
		U ₂	16.4V 15.0V
[Symbol]	U ₁ =220V	I _{1 max} = 19.9 A	I _{1 eff} = 15.4 A
IP21S	F		

Figura 1 Características de la suelda TIG.

Fuente: Autor.

2.1.1. EQUIPOS Y MATERIALES

- Máquina de soldadura TIG.
- Torcha (porta electrodos para soldadura TIG).
- Cilindro o bombona de gas inerte argón.
- Cables de conexión eléctrica y mangueras para conducir el gas.
- Careta de soldar o cobertor con lente N° 12 o 14 para proteger los ojos de los rayos ultravioletas de la generación del arco, también hay disponibles caretas electrónicas.
- Guantes de cuero tipo mosquetero con costura interna, para proteger las manos y muñecas.
- Mandil.
- Delantal de cuero para protegerse de posibles quemaduras y de la exposición directa de la piel a los rayos ultravioletas del arco.
- Zapatos de seguridad.
- Electrodo de tungsteno o aleaciones.

2.1.2. FUENTE DE PODER

Las fuentes de poder utilizadas en TIG son las de corriente constante. La potencia requerida para soldar pueden obtenerse de fuentes transformador rectificador o rotatorias AC o DC.

Las fuentes especiales disponen de rampas de ascenso y descenso del arco, programas para pulso del arco, entre otras funciones.

2.1.2.1. Corriente Alterna.

Es una corriente eléctrica que tiene semiciclos tanto positivos como negativos, por lo que podemos mencionar que se compone de corriente continua con electrodo negativo de (DCEN) y corriente continua con electrodo positivo de (DCEP).

La corriente alterna, es en realidad una combinación de ambas polaridades electrodo negativo y electrodo positivo. Cada uno de estos tipos de corriente tiene sus usos, sus ventajas y sus inconvenientes al momento de realizar un proceso de soldadura.

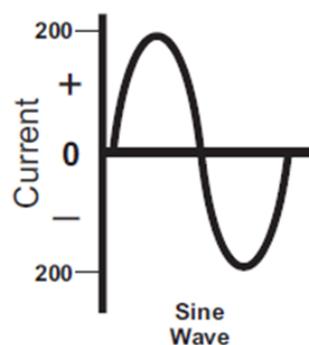


Figura 2 Forma de onda de corriente alterna

Fuente: TIG HANDBOOK

2.1.2.2. Corriente continua.

“La corriente directa (DC) es una corriente eléctrica que fluye en una dirección. La corriente continua puede ser comparada con el agua que fluye a través de un tubo

en una dirección. La mayoría de las fuentes de alimentación de soldadura son capaces de soldar con salida de corriente directa, logran esto con un circuito interno que cambia o rectifica la corriente alterna AC en corriente continua DC". (TIG HANDBOOK).

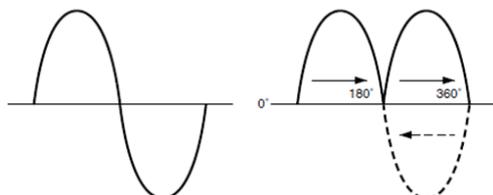


Figura 3 Onda AC vs DC o AC rectificada.

Fuente TIG HANDBOOK.

Polaridad

Corriente Directa Electrodo Negativo (DCEN): se utiliza para la soldadura TIG de prácticamente todos los metales. La antorcha está conectada al terminal negativo de la fuente de alimentación y el cable de trabajo está conectado al terminal positivo como se muestra en la figura

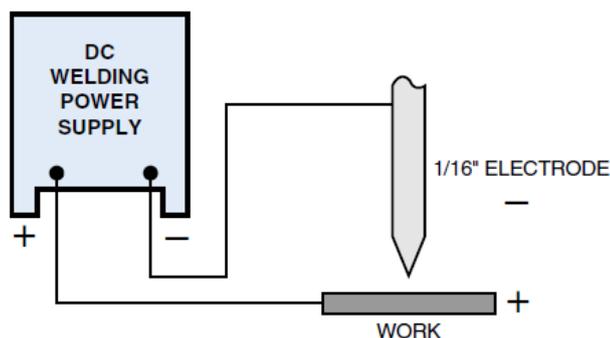


Figura 4 DCEN.

Fuente: TIG HANDBOOK.

“Cuando se establece el arco, el flujo de electrones va desde el electrodo que es negativo a la pieza de trabajo que es positivo. En un arco DCEN,

aproximadamente el 70% del calor se concentra en el lado positivo del arco, es decir, la mayor cantidad de calor se distribuye en la pieza de trabajo.

El electrodo recibe una porción más pequeña de la energía térmica y funcionará a una temperatura más baja que cuando se utiliza corriente alterna o polaridad de corriente directa con electrodo positivo. Esto explica que la mayor capacidad de transporte de corriente de un electrodo de tungsteno de tamaño dado con DCEN que con DCEP o AC. Al mismo tiempo los electrones están golpeando la pieza de trabajo, los iones de gas cargados positivamente son atraídos hacia el electrodo negativo”. (TIG HANDBOOK)

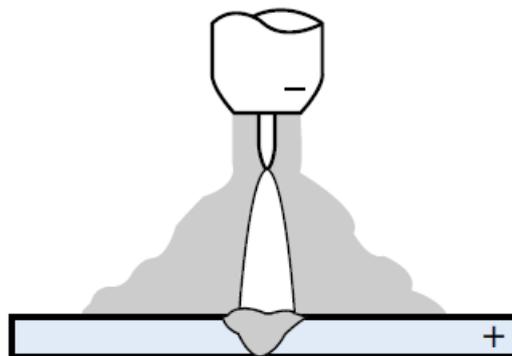


Figura 5 TIG con DCEN.

Fuente: TIG HANDBOOK.

Corriente Directa Electrodo Positivo (DCEP).

“Al soldar con electrodo de corriente continua positiva (DCEP), la antorcha se conecta al terminal positivo de la fuente de poder y el cable de tierra o masa está conectado al terminal negativo.

Cuando se utiliza esta polaridad, el flujo de electrones es de negativo a positivo, sin embargo, el electrodo es ahora positivo y la pieza de trabajo es negativo.

Aproximadamente el 70% del calor se concentra en el lado positivo del arco; Por lo tanto, la mayor cantidad de calor se distribuye en el electrodo.

El electrodo recibe la mayor cantidad de calor y se calienta mucho, el electrodo debe ser más grande, incluso cuando se utilizan bajos amperajes, para evitar el sobrecalentamiento y la posible fusión” (TIG HANDBOOK).

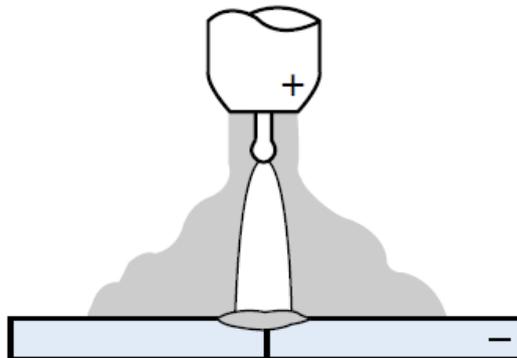


Figura 6 TIG con DCEP.

Fuente: TIG HANDBOOK.

2.1.3. GASES PROTECTORES

La boquilla de la antorcha dirige el gas hacia el arco y la piletta líquida con el fin de proteger el electrodo y el metal fundido de la contaminación atmosférica. También suele utilizarse en algunos casos gas purgante de respaldo para proteger el lado de abajo de la soldadura y las superficies del metal base adyacente contra la contaminación durante el proceso de soldadura.

El argón y el helio o la mezcla de ambos, son los gases inertes más utilizados en soldadura.

“El caudal de gas depende del tamaño de la boquilla, en general se recomienda 7 a 16 l/min para el argón y 14-24 l/min para el helio”. (Zalazar, 2001, pág. 17)

2.1.3.1. Argón

El Ar es un gas inerte con peso molecular 40. Se obtienen de la atmósfera por separación del aire licuado.

Los gases de protección deben ser de alta pureza para aplicaciones de soldadura. La pureza requerida está a un nivel de 99,995%. (TIG HANDBOOK)

El Argón se utiliza más que el Helio por las siguientes ventajas:

- Acción de arco más uniforme y silencioso.
- Menor penetración.
- Menor costo y mayor disponibilidad en el mercado.
- Buena protección con menores caudales por su mayor densidad.
- Inicio del arco más fácil y estable.

La menor penetración del Argón resulta especialmente útil para soldar materiales delgados.

2.1.3.2. Helio

El Helio es un gas inerte muy ligero con peso molecular 4. Para su uso en soldadura se refina hasta 99,99%.

2.1.3.3. Características del argón y el helio

El factor principal que influye en la efectividad de la protección es la densidad del gas. El argón es aproximadamente 1,3 veces más denso que el aire y diez veces más denso que el helio. El argón después de salir de la boquilla de la torcha, forma un manto sobre el área de soldadura. El helio, como es más ligero tiende a elevarse alrededor de la boquilla, lo que requiere 2 o 3 veces más caudal de helio para igual protección comparada con el argón. (Zalazar, 2001).

2.1.4. ANTORCHA O PISTOLA

Las antorchas TIG cumplen dos funciones importantes; sostienen el electrodo de tungsteno que transporta la corriente de soldadura y conducen el gas protector a la zona de soldadura.

“Para la selección de una antorcha se basa en la corriente máxima de soldadura que pueden transportar sin recalentarse” este parámetro viene especificado por el fabricante. La mayoría de las antorchas permiten manejar electrodos de distintos tamaños para un intervalo dado de boquillas”. (Zalazar, 2001).

En función de la corriente máxima de trabajo las antorchas podrán ser refrigeradas con agua o con gas. Las refrigeradas por gas están limitadas a una corriente máxima de soldadura de 200 Amperes y las enfriadas por agua pueden llegar a utilizarse corrientes entre 300 y 500 Amperes.

Los accesorios que utiliza la torcha son los mandriles y las boquillas.

Los mandriles generalmente son de cobre y el tamaño es de acuerdo al diámetro del electrodo que se utiliza. Es importante siempre verificar que cuando se ajusta el electrodo por medio de la tapa haya un buen contacto entre el mandril y el electrodo, esto garantiza una buena transferencia de la corriente sin sobrecalentamiento.

Las boquillas tienen la función de dirigir el gas de protección a la zona de soldadura. La salida del gas debe ser con flujo laminar. Por tanto hay difusores de gas y se diseñan para insertarse alrededor del electrodo o mandril, los mismos que producen un flujo más largo y uniforme de gas de protección.

Las boquillas se fabrican en distintos materiales resistentes al calor y con formas, diámetros y longitudes variables.

Se debe elegir adecuadamente el diámetro de la boquilla y el flujo de gas; ya que si el flujo de gas es excesivo, para un diámetro dado la protección no es adecuada.

La Tabla muestra recomendaciones para selección de corriente y polaridad para determinado tamaños de boquillas y electrodo.

Tabla 2 Tamaño de boquilla

Diámetro del electrodo		Diámetro int. de la boquilla	Rango de corriente típico (A)			
			Corriente continua		Corriente alterna	
Pulg	mm	Pulg	DCEN	DCEP	Onda no balanceada	Onda balanceada
0,010	0,25	¼	Hasta 15		Hasta 15	Hasta 15
0,020	0,50	¼	5-20		5-15	10-20
0,040	1,0	3/8	15-18		10-60	20-30
1/16	1,6	3/8	70-150	10-20	50-100	30-80
3/32	2,4	½	150-250	15-30	100-160	60-130
1/8	3,2	½	250-400	25-40	150-210	100-180
5/32	4,0	½	400-500	40-55	200-275	160-240
3/16	4,8	5/8	500-750	55-80	250-350	190-300
1/4	6,4	¾	750-1000	80-125	325-450	325-450

Fuente: Gas Tungsten Arc Welding (GTAW), Zalazar.

Lo más recomendable es el empleo de boquillas más pequeñas porque permite una mejor visión de la zona de soldadura y el flujo de gas se concentra en el arco sin turbulencias logrando una excelente protección, pero no muy pequeña porque puede haber turbulencias y formación de chorros del gas protector por el exceso de caudal, llegando incluso en algunos casos a fundirse el electrodo y el borde de la boquilla.

2.1.5. ELECTRODOS

Los electrodos de tungsteno son no consumibles, si el proceso se emplea adecuadamente, ya que no se funden ni transfieren a la soldadura. El electrodo de tungsteno tiene la función de servir como una de las terminales eléctricas del arco que proporciona el calor necesario para fundir el metal base.

“La temperatura de fusión del tungsteno es de 3410 °C, y cuando se acerca a esta temperatura, es una fuente abundante de electrones” por esta razón la punta del electrodo debe tener una temperatura mucho menor que el cuerpo del mismo para evitar que se funda. (Zalazar, 2001)

Cinco factores se consideran en la selección de los electrodos para TIG: composición química, tamaño, forma de la punta, mandriles y boquillas.

2.1.5.1. Clasificación de los electrodos

“Los electrodos de tungsteno se clasifican de acuerdo a su composición química. La Norma ANSI/AWS A 5.12 "Especificación para electrodos de tungsteno para soldadura y corte por arco", establece los requisitos que deben cumplir los mismos. La Tabla 4 muestra la composición del electrodo y el sistema de clasificación por código de color que es ampliamente utilizado” (TIG HANDBOOK).

Tabla 4 Electrodos de tungsteno

Clasificación AWS	Tipo de Tungsteno (aleación)	Código de color
EWP	Puro	Verde
EWCe-2	Ceria (CeO_2) 1.8% a 2.2%	Naranja
EWLa-1	Lanthana (La_2O_3) 0.9% a 1.2%	Negro
EWLa-1.5	Lanthana (La_2O_3) 1.3% a 1.7%	Dorado
EWLa-2	Lanthana (La_2O_3) 1.8% a 2.2%	Azul
EWTh-1	Thoria (ThO_2) 0.8% a 1.2%	Amarillo
EWTh-2	Thoria (ThO_2) 1.7% a 2.2%	Rojo
EWZr-1	Zirconia (ZrO_2) 0.15% a 0.40%	Marrón

Fuente: TIG HANDBOOK

2.2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL DEL PROCESO TIG

Para un procedimiento adecuado de soldadura con proceso TIG se toma en cuenta las siguientes indicaciones.

Tabla 3 Procedimiento experimental TIG.

PASOS	PROCEDIMIENTO
• EPP.	• Colocarse el equipo de protección personal antes de iniciar con el trabajo para evitar incidentes y accidentes.

<ul style="list-style-type: none"> • Equipo y materiales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Limpiar el área de trabajo. • Preparar el casquillo a soldar. • Disponer de todos los accesorios necesarios para el proceso (Electrodos, gas inerte, antorcha, boquillas mandriles).
<ul style="list-style-type: none"> • Parámetros y configuración. 	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar las conexiones del equipo TIG y el cilindro de gas. • Configurar los parámetros para el proceso de soldadura TIG (corriente (A) y caudal del gas (l/min)). • Colocar el electrodo adecuado con su respectiva boquilla y mandril en la antorcha y verificar que sobresalga de 5 a 7 mm con respecto a la boquilla. • La antorcha debe tener un ángulo de 90° respecto al plano de soldadura. • La distancia del electrodo a metal base es de 3 – 5 mm.
<ul style="list-style-type: none"> • Proceso TIG. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tocar el metal base con el electrodo y levantarlo de 3 - 5mm activando el flujo de gas accionando el interruptor del mango de la antorcha, para iniciar el arco. • Una vez iniciado el arco mantener una distancia fija entre el electrodo y el metal base. • Mantener un avance constante del metal base durante todo el procedimiento de soldadura. • Para extinguir el arco levantar la antorcha y desactivar el caudal del gas. • Al terminar el proceso antes de apagar el equipo cerrar las llaves del cilindro de gas y accionar el interruptor para activar el flujo de gas para aliviar la presión, dejando que salga el gas de las mangueras. • Apagar el equipo.

Fuente: Autor.

2.3. NORMAS DE SEGURIDAD DEL SISTEMA

Antes de usar la máquina de soldar, se debe; tomar ciertas precauciones, conocer su operación y manejo, como también los accesorios y herramientas adecuadas.

Para ejecutar el trabajo con facilidad y seguridad, se debe seguir ciertas reglas muy simples:

Recomendaciones para la instalación, operación y mantenimiento.

Siga las siguientes recomendaciones para la instalación de su equipo:

- Sólo personal calificado debe realizar la instalación eléctrica del equipo y mantenimiento del sistema.
- No instale o ponga el equipo cerca o sobre superficies, combustibles o atmósferas inflamables.
- No sobrecargue el cableado de su instalación eléctrica.
- Respete el ciclo de trabajo que requiere su equipo para permitir su periodo de enfriamiento.
- Recuerde que el periodo de trabajo continuo de su equipo depende del amperaje utilizado.
- Revise cuidadosamente el automático y el circuito de alimentación.
- Cubra los bornes de la máquina de soldar y los del PLC.
- Asegúrese que el cable de soldadura posea la sección y las características necesarias para conducir la corriente que se requiere, no utilice cables en mal estado.
- Desconecte la energía eléctrica cuando realice la conexión del enchufe del equipo a la fuente de energía.

2.3.1. CIRCUITOS CON CORRIENTE:

El voltaje usado es 220 volts. El operador debe tener en cuenta el hecho de que estos son voltajes altos, capaces de inferir graves lesiones. Por ello es muy

importante que ningún trabajo se haga en los cables, interruptores, controles, etc., antes de haber comprobado que la máquina ha sido desconectada de la energía, abriendo el interruptor para desenergizar el equipo. Cualquier inspección en la máquina debe ser hecha cuando el circuito ha sido desconectado.

2.3.2. LÍNEA A TIERRA:

Todo circuito eléctrico debe tener una línea a tierra para evitar que la posible formación de corrientes parásitas produzca un choque eléctrico al operador. Nunca opere una máquina que no tenga su línea a tierra.

2.3.3. CAMBIO DE POLARIDAD:

El cambio de polaridad se realiza para cambiar el polo del electrodo de positivo (polaridad invertida) a negativo (polaridad directa), cambie los terminales cuidando que ésta no esté energizada.

2.3.4. CAMBIO DEL RANGO DE AMPERAJE:

En máquinas tipo clavijeros no se debe cambiar el amperaje cuando el equipo está soldando ya que se producen serios daños en los contactos eléctricos, causados por la aparición de un arco eléctrico al interrumpir la corriente.

2.3.5. CIRCUITO DE SOLDADURA:

Cuando no está en uso el porta-electrodos, nunca debe ser dejado encima de la mesa o en contacto con cualquier otro objeto que tenga una línea directa a la superficie donde se suelda. El peligro en este caso es que el porta-electrodo, en contacto con el circuito a tierra, provoque en el transformador del equipo un corto circuito.

La soldadura no es una operación riesgosa si se respetan las medidas preventivas adecuadas. Esto requiere un conocimiento de las posibilidades de daño que pueden ocurrir en las operaciones de soldar y una precaución habitual de seguridad por el operador.

2.3.6. SEGURIDAD EN OPERACIONES DE SOLDADURA

Condiciones ambientales que deben ser consideradas:

2.3.6.1. Riesgos de incendio:

En el lugar de trabajo pueden estar presentes atmósferas peligrosas. Algunas recomendaciones prácticas para prevenir riesgos de incendio son las siguientes:

- Nunca se debe soldar en la proximidad de líquidos inflamables, gases, vapores, metales en polvo o polvos combustibles. Cuando el área de trabajo contiene gases, vapores o polvos, es necesario mantener perfectamente aislado y ventilado el lugar mientras se suelda.
- Los equipos de soldar se deben inspeccionar periódicamente y en caso de fallo, el equipo debe ser reparado por personal calificado antes de su próximo uso o se debe dejar de usarlo.
- Utilice el equipo de protección personal (EPP).
- Las condiciones de trabajo pueden cambiar, identifique riesgos potenciales o ambientes inseguros de trabajo.

2.3.6.2. Ventilación:

Soldar en áreas confinadas sin ventilación adecuada puede considerarse una operación insegura y arriesgada, porque al consumirse el oxígeno disponible en el área de trabajo, y combinado con el calor de la soldadura, el operador queda expuesto directamente a severas molestias y enfermedades profesionales.

2.3.6.3. Humedad:

El operador nunca debe estar sobre suelo húmedo cuando suelda, como tampoco trabajar en un lugar húmedo. Deberá conservar sus manos, vestimenta y lugar de trabajo continuamente secos para evitar accidentes como choques eléctricos.

2.4. DIAGRAMA DE BLOQUES

2.4. Diagrama de Bloques

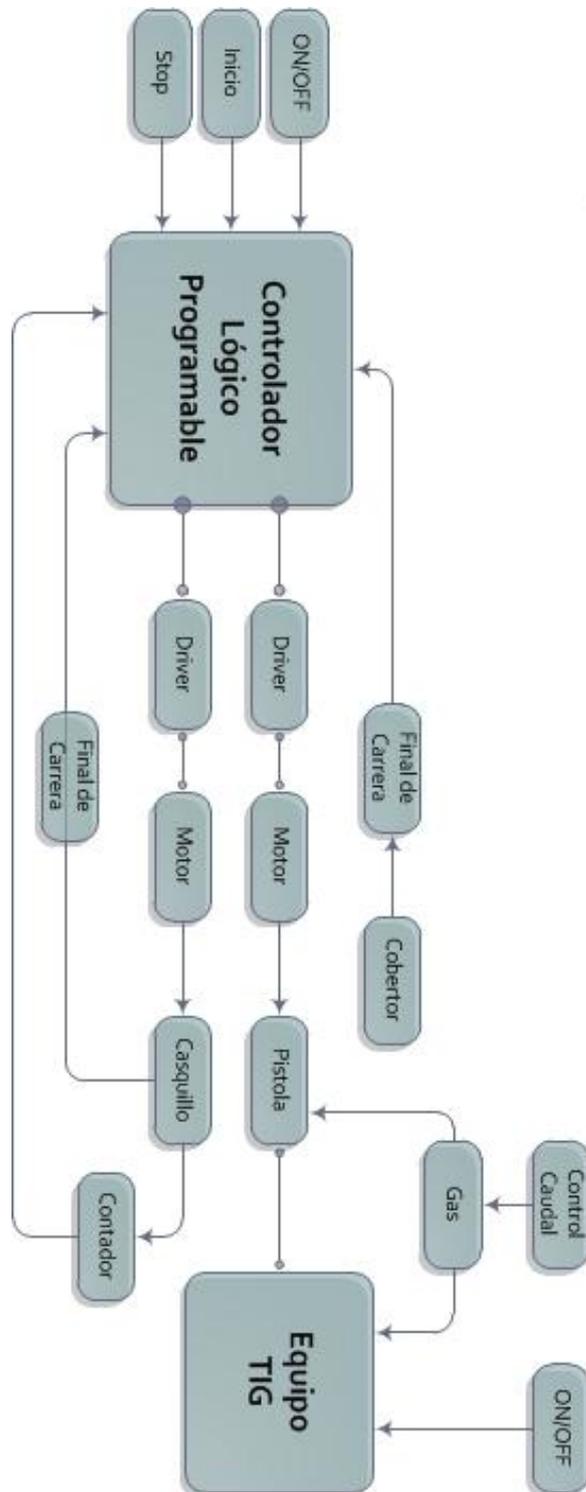


Figura 7 Diagrama de bloques.

Fuente: Autor.

2.5. ESTABLECIMIENTO DE REQUISITOS

En lo que respecta al equipamiento de soldadura el sistema debe contar con ciertos requisitos establecidos para un adecuado proceso.

2.5.1. EQUIPO DE SOLDADURA TIG

“En el proceso TIG se genera un arco eléctrico entre un electrodo de tungsteno virtualmente no consumible” y la piletta fundida de metal base siempre y cuando este no entre en contacto con la misma, para evitar su contaminación. Este proceso es usado con la protección de un gas externamente suministrado por la antorcha a través de la boquilla”. (Zalazar, 2001).

El uso de este proceso de soldadura en forma automática está muy difundido, y es ampliamente utilizado para procesos de producción en serie.

El proceso TIG se basa en el uso de un electrodo de tungsteno (o una aleación de tungsteno) no consumible, sujetado por una torcha

Se alimenta de un gas inerte que sirve de protección contra agentes externos existentes en la atmosfera para evitar que se contamine el baño de fusión.

Con lo mencionado anteriormente con respecto al proceso de soldadura se debe establecer algunos requisitos, entre los cuales tenemos en el equipo TIG: fuente de poder, tipo de corriente, torcha, electrodo, gas.

2.5.2. FUENTE DE PODER

La fuente de poder utilizadas en TIG son las de corriente constante, en este caso se cuenta con una maquina con transformador rectificador solamente de corriente continua (DC), tomando en cuenta que existen maquinas con rectificador DC y AC permitiendo elegir la corriente de trabajo y máquinas de alta frecuencia y arco pulsado.

La suelda TIG Kiakougar es una máquina que permite trabajar solamente con corriente continua y en configuración DCEP, es decir el electrodo en el polo positivo y el metal base en el terminal negativo, por lo que es recomendable trabajar con corrientes entre 15 – 120 A, para evitar que el electrodo se funda con el excesivo calor que se concentra en el mismo se usa electrodos de mayor diámetro y también para evitar la inclusión de tungsteno en el baño de fusión contaminando el metal base.



Figura. 8 Fuente de poder o maquina TIG.

Fuente: Autor.

2.5.3. ANTORCHA

Para la elección de una torcha adecuada se toma en cuenta la corriente máxima de soldadura con la que se pueda soldar sin que llegue a recalentarse, en este caso como la maquina puede trabajar con una corriente máxima de 200 A, es suficiente con una torcha refrigerada con gas inerte.

La mayoría de las antorchas permiten manejar electrodos de distintos tamaños para cada boquilla, la misma viene equipada con un interruptor en el mago para activar la protección del gas cuando se inicie el proceso de soldadura.



Figura 9 Antorcha TIG.

Fuente: Autor.

Los accesorios que utiliza la antorcha son los mandriles y las boquillas.

2.5.3.1. Mandril.

Los mandriles generalmente son de cobre y el tamaño viene de acuerdo al electrodo que se usa. Es importante que cuando se ajusta el electrodo por medio de la tapa de la antorcha haya un buen contacto entre el mandril y el electrodo. Esto permite una buena transferencia de la corriente.



Figura 10 Mandriles

Fuente: Autor.

2.5.3.2. Boquillas.

Las boquillas son las encargadas de dirigir el gas de protección a la zona de soldadura.

Las boquillas se fabrican en distintos materiales resistentes al calor y con formas, diámetros y longitudes variables dependiendo del mandril y electrodo que se utilice.

Para la elección del tamaño de la boquilla se toma en cuenta varios aspectos que vienen estandarizados en tablas como:

- Tamaño del electrodo.
- Tipo de unión a soldar.
- Área de soldadura que debe protegerse efectivamente.
- Acceso a la unión que se va a soldar.

Tomando en cuenta que la corriente máxima del equipo de soldadura oscila hasta los 200 amperios la boquilla tendrá un diámetro desde 6 mm hasta 15 mm.



Figura 11 Boquillas.

Fuente: Autor.

2.5.4. ELECTRODOS:

Los electrodos de tungsteno son no consumibles, su punto de fusión es de 3410°C.

Factores que se consideran en la selección de los electrodos y garantizan un proceso adecuado de soldadura para TIG: composición química, tamaño, forma de la punta, mandriles y boquillas.

2.5.4.1. Composición química:

Entre las principales aleaciones existen las de tungsteno-torio del 1 o 2%, las de tungsteno-cerio del 1%, tungsteno-lantano del 1, 1.5 o 2% cada uno con su respectiva denominación y color.

Los más usados son los de tungsteno-torio 2% color rojo (EWTh -2) por su accesibilidad, costo y buenas características.

La aleación con torio aumenta la capacidad de transporte de corriente, son más duraderos y tienen mejor encendido del arco entre las características más sobresalientes, estos también mantienen la punta del electrodo aguda durante la soldadura, que está de acuerdo con las necesidades del sistema.

2.5.4.2. Forma de la punta y tamaño:

La forma de la punta y el tamaño del electrodo es una variable importante del proceso TIG, esta depende de la aplicación de la soldadura, espesor del metal base a ser soldado, del tipo de junta.

En este caso se usa un electrodo con una configuración DCEP, se deben especificar algunos datos importantes especificados en tablas como:

- Diámetro del electrodo 0,5-2.3mm.
- Diámetro de la punta 0.125-1.1mm.
- Angulo punta del electrodo 12-45 °C.

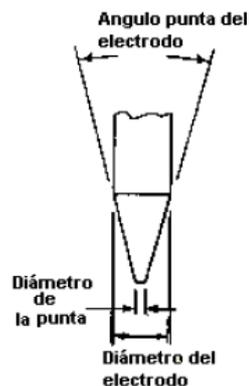


Figura 12 Configuración del electrodo para DCEP

Fuente: U.N.COMAHUE

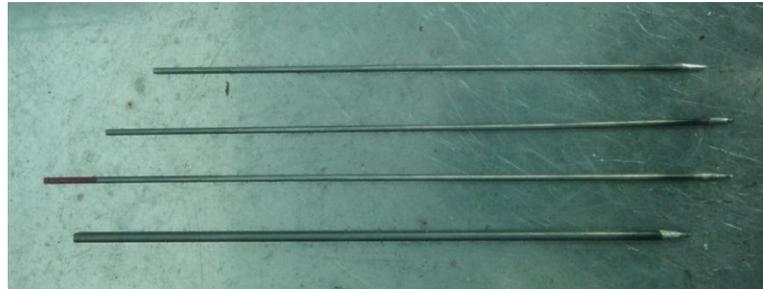


Figura 13 Electrodo de Tungsteno

Fuente: Autor.

Los cambios de geometría del electrodo pueden influir de manera significativa en el tamaño y forma de la pileta soldada.

Los electrodos de tungsteno deben amolarse con su eje perpendicular al eje de la rueda de amolar. A fin de evitar contaminación lo más recomendable es que la piedra debe preservarse para amolar solo electrodos de tungsteno.



Figura 14 Afilado del electrodo.

Fuente: Autor.

2.5.5. GAS DE PROTECCIÓN:

El argón y el helio o la mezcla de ambos, son los gases inertes más utilizados en soldadura.

“El caudal de gas depende del tamaño de la boquilla, en general se recomienda 7 a 16 l/min para el argón que es el gas inerte que utilizaremos”. (Zalazar, 2001)

La efectividad de la protección está en la densidad del gas. El argón es aproximadamente una 1,3 veces más denso que el aire. El argón después de salir de la boquilla, forma un manto protector sobre el área de soldadura siempre y cuando no se exceda el caudal recomendado.

2.6. DELINEACIÓN DE SUBSISTEMAS

El proyecto se lo dividió en cuatro subsistemas y se conforman de los siguientes elementos.

Subsistema de soldadura TIG.

- Equipo de soldadura TIG y accesorios.
- Cilindro de gas argón.

Subsistema mecánico.

- Mecanismo de posicionamiento de la antorcha.
- Eje giratorio del casquillo.

Subsistema de control.

- PLC+HMI.
- Drivers motores paso a paso.

Subsistema de respuesta.

- Motores paso a paso.

2.6.1. SUBSISTEMA DE SOLDADURA TIG

En este proceso, el arco de soldadura salta desde un electrodo de tungsteno que no se consume durante la operación de soldadura.

Un flujo de gas inerte, suministrado a través de una boquilla que rodea al electrodo, con la activación de una válvula solenoide que expulsa el aire de las inmediaciones a la zona de soldadura, evitando la contaminación del electrodo y del baño de fusión.

En la máquina de soldadura TIG se tendrá un control ON/OFF de la fuente de poder para iniciar el trabajo de soldadura y un paro de emergencia que apaga el equipo de soldadura,

También por medio de un indicador de caudal manorreductor, instalado en el tanque, se puede controlar el suministro de gas constante a un caudal determinado para el baño de fusión adecuado y protección del arco.

Por medio de un mecanismo colocado en el eje que sujeta la antorcha, se tendrá el control del encendido y apagado del arco, y también el paso del gas al accionar la válvula solenoide de la maquina por medio del PLC.

2.6.2. SUBSISTEMA MECÁNICO

En este subsistema se conforma de un eje giratorio y un mecanismo.

El diseño de un eje giratorio para soporte del casquillo de acero inoxidable a soldar con sus respectivos soportes y separadores.

El mecanismo como soporte de la antorcha para tener un control del movimiento de la misma, que se desplazara verticalmente, para su posicionamiento.

El mecanismo permite encender el arco, y mantener la torcha a una distancia de 5 a 7 mm con respecto al eje de referencia (casquillo a soldar) con el fin de mantener un baño de fusión continuo.

2.6.3. SUBSISTEMA DE CONTROL DE POSICIONAMIENTO Y VELOCIDAD

Este subsistema está comandado por controlador lógico programable, que hace la función de unidad central de control del sistema de soldadura, la cual está encargada de accionar los periféricos de entrada y de salida.

Los periféricos de salida están compuestos por dos drivers que controlarán los motores.

En los periféricos de entrada están conectados tres pulsadores los cuales serán accionados por el operario, y finales de carrera que indicarán que el inicio del proceso es seguro.

2.6.4. SUBSISTEMA DE RESPUESTA

En este subsistema está el dimensionamiento de los actuadores eléctricos en este caso motores paso a paso DC, los cuales son los encargados de dar movimiento al eje, y al mecanismo de la antorcha, los actuadores deben ser seleccionados de acuerdo a las necesidades.

CAPÍTULO III

3. SISTEMA DE SOLDADURA

3.1. SUBSISTEMA DE SOLDADURA TIG

3.1.1. EQUIPO TIG.

Como se mencionó anteriormente los principales componentes del equipo requerido para el proceso TIG son:

- La máquina de soldar.
- La antorcha o pistola y los electrodos de tungsteno.
- El gas protector y controles.

El control del equipo ON/OFF mediante el accionamiento manual de un switch de 40 A para encender y apagar la máquina de soldadura TIG cuando el operador lo vea necesario y también dispone de una botonera de paro de emergencia en el tablero para apagar la máquina.

La Inspección constante de la antorcha de soldadura es de vital importancia para un proceso correcto, puesto que la posición de la torcha, el diámetro de la boquilla y el electrodo deben de estar bien colocados para un correcto funcionamiento.

Cabe señalar que los procesos con TIG pueden ser automáticos o mecanizados, los que tienen un sin fin de beneficios, entre los cuales se incluyen la habilidad para usar una mayor velocidad de trabajo aumentando la producción significativamente.

Obteniendo un correcto proceso de soldadura resultando en menores distorsiones y estrechas zonas afectadas por el calor; con el control de parámetros los que permiten soldar materiales delgados como en este caso del tubo de espesor de 1.6 mm de acero inoxidable.

Se mejora la calidad de la soldadura y haciendo posible emplear operarios con menor grado de habilidad y agilidad que la requerida en el proceso manual de soldadura TIG.

Siendo este uno de los procesos de soldadura más difíciles de realizar debido a que se requiere de una muy buena coordinación en cuanto a la posición de la antorcha y al avance, por lo que un soldador debe tener un alto grado de experiencia para realizar este tipo de procesos de soldadura de arco eléctrico.

Las precisas uniones ajustadas y alineadas son cruciales para lograr un proceso de soldadura adecuado y obtener un cordón de calidad, es por eso que la preparación de la junta es crucial y se la debe realizar verificando todos los detalles del caso ya que el sistema está diseñado para soldar la base de los casquillos de acero inoxidable es por eso que el tubo y la tapa a soldar deben de estar rectificadas para que la junta sea uniforme en todo su contorno.

La alimentación del gas también es otro parámetro importante en proceso TIG ya que este protege al baño de fusión por lo que se debe garantizar que sea constante durante todo el proceso verificando siempre que esta no sea excesiva ni deficiente.

Hay que tomar en cuenta que la protección del gas también permite tener una mejor visualización del baño de fusión y de igual forma evita que el electrodo de tungsteno se sobrecaliente y se funda contaminando el metal base.

3.1.2. ESTABLECIMIENTO DE PARÁMETROS VARIABLES

- Corriente 15 hasta 120 Amperios
- Caudal del gas 5 hasta 10 l/min
- Velocidad avance 0.17 rpm hasta 5.4 rpm

Cabe recalcar que estos datos son experimentales extraídos de tablas del TIG HANDBOOK y del instituto de soldadura, con los cuales se procederá a hacer las pruebas variando los parámetros, hasta obtener los resultados requeridos para una soldadura en buen estado.

Con estos parámetros el objetivo es de encontrar el punto de operación de la máquina, obteniendo un proceso de soldadura adecuado.

3.2. SUBSISTEMA MECÁNICO

Es importante que el dispositivo sea:

- Sencillo: de manera que permita el desenvolvimiento necesario para la investigación a realizar.
- Adecuado: principalmente a nuestra necesidad para realizar el proceso de soldadura de la base de los casquillos de acero inoxidable.
- Desmontable: permitiendo acceder a elementos que requieran cierta limpieza o recambio y de mantenimiento para garantizar el correcto funcionamiento del sistema.

El dispositivo que se requiere necesita dos movimientos uno giratorio, y otro vertical; giratorio para el casquillo, el cual lo desliza a lo largo de la junta de soldadura y el otro para el movimiento de la pistola que permita controlar la longitud del arco controlando el posicionamiento de la antorcha. Se usó actuadores eléctricos (motores paso a paso). Con este dato y conociendo que se

soldarán casquillos de acero inoxidable, se propone un esquema del dispositivo como se muestra en la Figura 15.

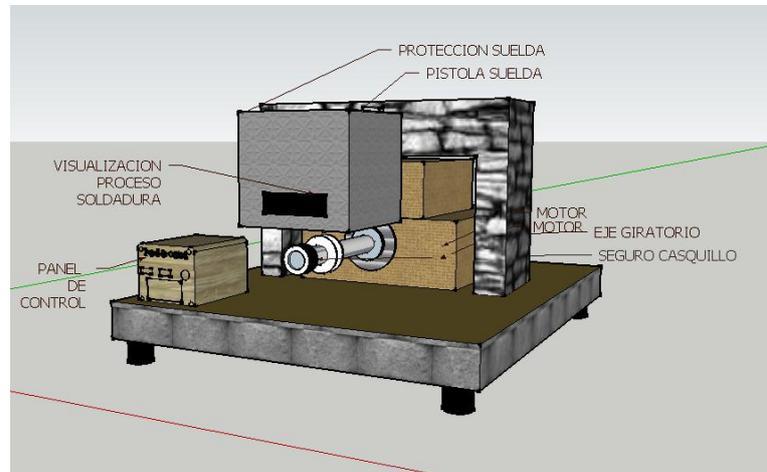


Figura 15 Sistema de soldadura TIG

Fuente: Autor

Es importante proponer ciertas características para algunos elementos de este dispositivo como el eje del casquillo y el mecanismo de la antorcha. Estas características ayudan a que el dispositivo tenga un mejor desarrollo en su funcionamiento y serán indicadas a continuación. También se ha decidido diseñar solamente los elementos más representativos e importantes mencionados anteriormente.

El resto de elementos (ángulos, placas, pernos, perfiles etc.) no se han considerado debido a que su función en el desempeño del sistema son relativamente menores.

3.2.1. MECANISMO DE POSICIONAMIENTO DE LA PISTOLA DE SUELDA

Los componentes a construir para el mecanismo de posicionamiento son: guías verticales, carro vertical, tornillo, soporte de guías y tornillo, soporte de la antorcha.

Geometría del mecanismo de posicionamiento.

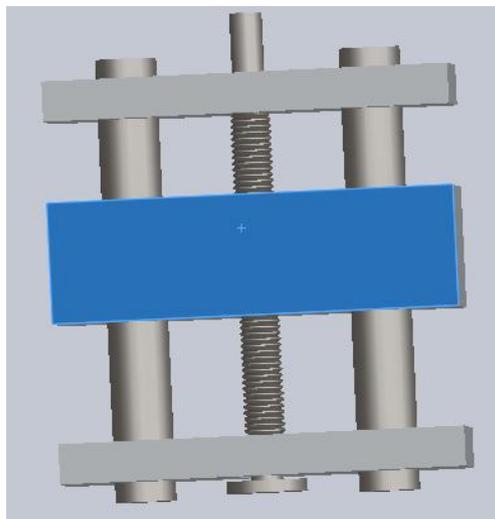


Figura 16 Geometría del mecanismo de posicionamiento.

Fuente: Autor.

3.2.1.1. Guías verticales.

Las guías verticales cumplen la función de brindar estabilidad en cuanto al desplazamiento del carro vertical, el mismo que posiciona el soporte que sujeta la antorcha, se deben tomar en cuenta la facilidad de montaje y del movimiento del carro por lo que su geometría es como se muestra en la figura.

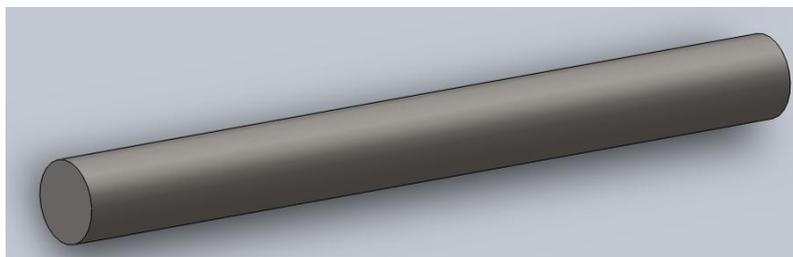


Figura 17 Geometría guía vertical

Fuente: Autor

Dimensiones de la guía vertical se muestra en la tabla

Tabla 4 Dimensiones de la guía vertical

Longitud [mm]	Diámetro[mm]
100	10

Fuente: Autor.

El material seleccionado para la guía será acero ASTM A36, por su facilidad para el maquinado y su acabado superficial, el cual garantiza un suave deslizamiento, del carro vertical y el soporte de la torcha.

3.2.1.2. Soporte de guías y tornillo

El soporte de las guías verticales y el tornillo cumplen la función de brindar estabilidad en cuanto al desplazamiento del carro vertical, tiene tres agujeros pasantes, dos para las guías verticales las cuales están sujetas al soporte y uno para el tornillo en cual está fijado a un rodamiento y al motor para su respectivo giro y posicionamiento, se deben tomar en cuenta la facilidad de montaje y del movimiento del carro por lo que su geometría se muestra en la siguiente figura.

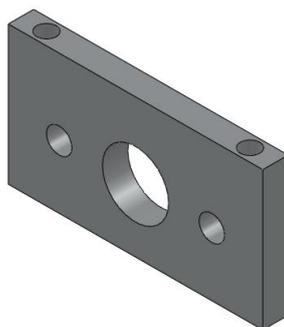


Figura 18 Geometría de soporte de guías y tornillo.

Fuente: Autor.

Dimensiones del soporte de las guías vertical y tornillo se muestra en la tabla.

Tabla 5 Dimensiones del soporte de guías

Longitud [mm]	Ancho[mm]	Espesor[mm]
100	50	10

Fuente: Autor

El material a emplearse para la elaboración será acero ASTM A36, por su facilidad para el maquinado.

3.2.1.3. Carro vertical

El carro vertical cumple la función de brindar un desplazamiento exacto del soporte de la antorcha de soldadura en el eje Y, este es de vital importancia puesto que del movimiento vertical que realiza depende el inicio del arco eléctrico, tiene tres agujeros pasantes, dos para las guías verticales las cuales estabilizan el movimiento del carro y uno para el tornillo el cual esta roscado y al girar el tornillo desplaza el mismo verticalmente, hacia arriba y hacia abajo dependiendo del giro del motor.

La geometría del carro vertical es la mostrada en la figura.

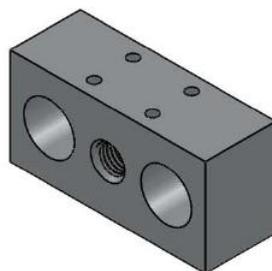


Figura 19 Geometría del carro vertical

Fuente: Autor

Dimensiones del carro vertical se muestra en la tabla.

Tabla 6 Dimensiones del carro vertical

Longitud [mm]	Ancho[mm]	Espesor[mm]
100	50	36

Fuente: Autor

El material a emplearse para la elaboración es aluminio adonizado, debido a su bajo peso y por su facilidad para el maquinado.

Calculo del volumen:

$$Vol = longitud * ancho * espesor$$

$$Vol = 100 * 50 * 36$$

$$Vol = 180000 \text{ mm}^3$$

$$Vol = 1.8 * 10^{-4} \text{ m}^3$$

Calculo de la masa:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$\rho = \text{densidad del aluminio} \left(2700 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)$$

$$m = \rho * V$$

$$m = 2700 * 1.8 * 10^{-4}$$

$$m = 0.486 \text{ kg}$$

$$m = 486 \text{ g}$$

Calculo del peso:

$$W = m * g$$

Ecuación 1 Calculo de peso.

$$g = 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$W = 0.486 * 9.8$$

$$W = 4.76 N$$

El peso total es la suma del carro vertical, el soporte para sujetar la antorcha y el peso de la misma.

3.2.1.4. Soporte de la antorcha.

El material a emplearse para la elaboración es aluminio adonizado, debido a su bajo peso y por su facilidad para el maquinado.

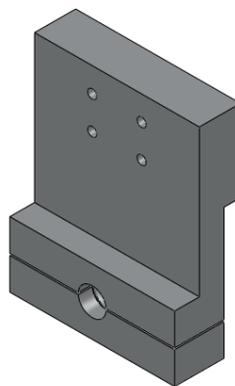


Figura 20 Soporte de la antorcha

Fuente: Autor

Dimensiones de la placa para sujetar la torcha se muestra en la tabla.

Tabla 7 Soporte de la antorcha

Longitud [mm]	Ancho[mm]	Espesor[mm]
120	100	40

Fuente: Autor

Masa 780 g

Calculo del peso:

$$W = m * g$$

$$g = 9.8 \frac{m}{s^2}$$

$$W = 0.78 * 9.8$$

$$W = 7.64 \text{ N}$$

Masa de la antorcha

$$m = 1.45 \text{ kg}$$

Calculo del peso:

$$W = m * g$$

$$g = 9.8 \frac{m}{s^2}$$

$$W = 1.45 * 9.8$$

$$W = 14.21 \text{ N}$$

Calculo del peso total del mecanismo:

*Peso total = Peso del carro vertical + peso del soporte de la antorcha
+ peso de la antorcha*

$$W = 4.76 + 7.64 + 14.21$$

$$W = 26.61 \text{ N}$$

3.2.1.5. Diseño del tornillo

Terminología para diseño de tornillos:

- p: paso, es la distancia entre dos hilos adyacentes.
- l: avance, distancia que avanza la tuerca cuando se da una vuelta, existen roscas simples, dobles y triples, en las cuales se avanza uno, dos y tres veces el paso respectivamente.
- λ : ángulo de avance, es el ángulo que forma una tangente a la hélice con un plano normal al eje del tornillo. (Norton, 2011)

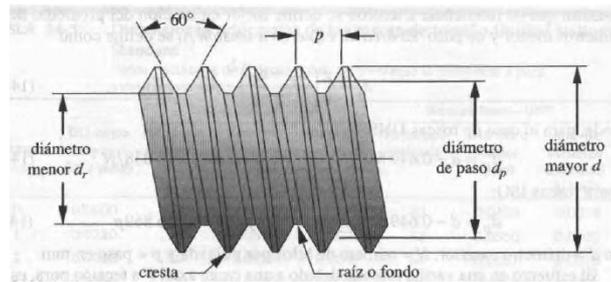


Figura 21 Forma de rosca estándar de ISO

Fuente: Norton L.

ISO define dos tipos de rosca basta y fina, basta o gruesa siendo las más comunes y recomendadas para uso ordinario, donde se requieran repetidas inserciones y retiros del tornillo o donde el tornillo se rosque en un material blando.

La especificación de rosca métrica es: M10*3

Que definen 10 mm de diámetro, con una rosca de paso de 3 mm, todas las roscas estándar son derechas (RH), a menos que se especifique como izquierda (LH).

La geometría del tornillo se muestra en la figura.



Figura 22 Tornillo

Fuente: Autor

Calculo del Área de esfuerzo a tensión

Si la varilla se sujeta a una carga a tensión su resistencia se define en función del promedio de los diámetros menor y de paso, el Área de esfuerzo a tensión se define como:

$$A_t = \frac{\pi}{4} \left(\frac{d_p + d_r}{2} \right)^2$$

Cálculo del Área de esfuerzo (**Norton, 2011, pág. 894**).

$$A_t = \frac{\pi}{4} \left(\frac{8.051 + 6.319}{2} \right)^2$$

$$A_t = 40.54 \text{ mm}^2$$

Donde

$$d_p = d - 0.649519p$$

$$d_p = 10 - 0.649519 * 3$$

$$d_p = 8.051 \text{ mm}$$

$$d_r = d - 1.226869p$$

$$d_r = 10 - 1.226869 * 3$$

$$d_r = 6.319 \text{ mm}$$

d: diámetro exterior, y p: paso en mm

Para el diseño del tornillo vertical tenemos

- Rosca métrica estándar ISO.
- Diámetro nominal.
- Paso.
- Carga a elevar.
- Coeficiente de fricción.

Cálculo del par requerido para elevar el carro vertical:

$$T_u = P \frac{d_p (\mu \pi d_p + L)}{2 (\pi d_p - \mu L)}$$

Cálculo del par requerido para elevar una carga (Norton, 2011, pág. 900).

$$T_u = 26.61 \frac{8.051 (0.08 * \pi * 8.051 + 3)}{2 (\pi * 8.051 - 0.08 * 3)}$$

$$T_u = 22.7 \text{ N. mm}$$

Cálculo del par requerido para bajar el carro vertical:

$$T_d = P \frac{d_p (\mu \pi d_p - L)}{2 (\pi d_p + \mu L)}$$

Cálculo del par requerido para bajar una carga

$$T_d = 26.61 \frac{8.051 (0.08 * \pi * 8.051 - 3)}{2 (\pi * 8.051 + 0.08 * 3)}$$

$$T_d = 4.1 \text{ N. mm}$$

3.2.2. EJE GIRATORIO PARA EL CASQUILLO

El eje del casquillo cumple la función de soporte para el mismo, está compuesto de un eje, de soportes circulares ubicados cerca de la junta de soldadura y un tope al final del casquillo, este tiene un movimiento circular de 360°, acoplado a un motor que le proporcionara dicho movimiento.

Algunas ventajas de usar sostenes y soportes son:

- Mejor ajuste de las juntas.
- Menos tiempo de soldadura.
- Se minimiza la distorsión.
- La terminación del montaje se hace con tolerancias menores.
- Se logra montar las piezas a unir axial y radialmente el tubo.

Es importante que la superficie de los soportes que posicionan las partes del casquillo de acero inoxidable no introduzca contaminación por hierro al momento de preparar la junta. Esto se puede evitar haciendo que las superficies en contacto con las piezas de acero inoxidable, también sean del mismo material. Estos soportes deben usarse sólo para montaje de piezas de acero inoxidable.

Para el caso del casquillo y haciendo referencia al diseño del eje tenemos a continuación las dimensiones las cuales sirven como base para la construcción del mismo.



Figura 23 Casquillo de Acero Inoxidable

Fuente: Autor.

El cilindro del casquillo que se muestra en la figura, tiene las siguientes dimensiones un diámetro interior de 38 mm, espesor de 1.6 mm y una longitud de 156.5 mm.

La tapa del casquillo en la parte superior tiene un diámetro de 19.5 mm y en la parte inferior un diámetro interior de 38 mm y una longitud de 20 mm.

Los sostenes tiene un diseño en forma cilíndrica de diámetro 38 mm igual al diámetro interior del casquillo ubicada cerca de la junta de soldadura justamente para tener una unión uniforme y el metal base a soldar este fijo al eje y no se mueva al momento del proceso de soldadura para garantizar una unión uniforme de las dos piezas.

La geometría del eje del casquillo es la mostrada en la figura.

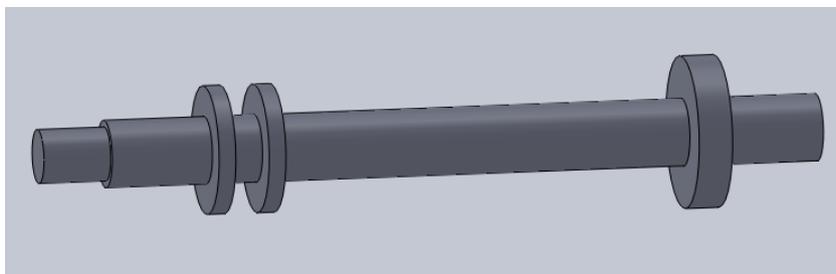


Figura 24 Geometría del Eje del casquillo

Fuente: Autor

En la siguiente tabla se muestran las dimensiones del eje que sujetara el casquillo con sus respectivos sostenes para fijar el mismo.

Tabla 8 Dimensiones del eje del casquillo

Eje	
Longitud	Diámetro
150	22
Sostenes para la junta	
Ancho	Diámetro
5	38
Sostén para tope de casquillo	
Ancho	Diámetro
10	50

Fuente: Autor

El material seleccionado para el eje es acero de eje de transmisión SAE 1040, por su facilidad para el maquinado, tomando en cuenta que el acabado superficial, el cual nos debe garantizar una posición adecuada del casquillo, evitando a toda costa el movimiento del mismo obteniendo un proceso de soldadura adecuado.

Masa: 720 g

$$\text{Peso } W = m * g$$

$$W = 0,72 * 9.8$$

$$W = 7.05 \text{ N}$$

3.3. SUBSISTEMA DE CONTROL DE POSICIONAMIENTO Y VELOCIDAD

3.3.1. SENSORES

3.3.1.1. Final de carrera o sensor de contacto

Para el caso del sistema se optó por usar sensores de contacto electromecánico, son dispositivos que se activan y desactivan con contacto físico a partir de algún accionamiento mecánico.

La razón por la que se optó por estos dispositivos es por su simplicidad, su vida útil, buena sensibilidad, alto grado de protección contra polvos, gases y humedad, bajo costo y disponibilidad, siendo estos ideales para montar en sistemas industriales como este.

Generalmente estos sensores están compuestos por dos partes: un cuerpo donde se encuentran los contactos y una cabeza que detecta el movimiento. Su uso es muy diverso, empleándose, en general, en todas las máquinas que tengan un movimiento rectilíneo de ida y vuelta o sigan una trayectoria fija, es decir, aquellas que realicen una carrera o recorrido fijo.

Los Interruptores final de carrera, se componen normalmente de una caja, un elemento de contacto y un dispositivo mecánico de accionamiento.

Estos sensores tienen dos tipos de funcionamiento: modo positivo y modo negativo. En el modo positivo el sensor se activa cuando el elemento a controlar tiene una tara que hace que el eje se eleve y conecte el contacto móvil con el contacto NC. El modo negativo es la inversa del modo anterior.

En el sistema de soldadura se usan todos los finales de carrera en contacto NO normalmente abierto.



Figura 25 Sensor de contacto

Fuente: Autor.

3.3.2. INDICADOR DE CAUDAL

La velocidad del flujo es importante para asegurar la adecuada protección del proceso por medio de un gas inerte; los medidores de flujo del tipo de bobina a menudo se usan junto al regulador para controlar el flujo. Es bueno validar las lecturas del medidor, instalando un medidor de flujo de gas para monitorizar el caudal con el cual se está soldando, como se muestra en la figura.



Figura 26 Reguladores de presión o Manorreductores.

Fuente: Autor.

3.3.3. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE.

Se optó por un controlador lógico programable debido a que el sistema de control de la maquina debe ser robusto, confiable, compacto, de fácil programación, mantenimiento e instalación y garantizar un continuo funcionamiento.

En el caso de un microcontrolador resulta más dificultoso porque el sistema trabaja en ambientes de gran ruido lo que hace que este no sea tan confiable, los circuito de interfaz que se debía implementar juntamente con este de igual forma darían problemas al momento de implementarlos y darles mantenimiento debido al entorno de trabajo existe polvo humedad y gases, que deteriorarían con rapidez, caso contrario el PLC viene compacto y robusto y no necesita de un gran mantenimiento.

Aunque el costo de un PLC varía mucho con el de un microcontrolador la inversión del mismo a largo plazo es buena ya que este no necesitara de mucho mantenimiento y de requerirlo es fácil realizarlo y puede hacerlo una persona que tenga conocimientos de automatización, en cambio en un sistema con microcontrolador necesitaría de mayor mantenimiento y este debería de ser realizado por una persona que tenga conocimientos avanzados de electrónica.

La selección del PLC se hizo de acuerdo a los requerimientos del sistema para el control de dos motores paso a paso, por lo que se necesita de salidas digitales a transistor para trabajar con conmutaciones a determinadas frecuencias, dos salidas para el envío de pulsos para cada driver y dos salidas para la inversión del giro.

El PLC también debe contar con entradas digitales para el control de los diferentes finales de carrera.

El sistema debe incluir un HMI para visualizar las diferentes variables del sistema como posición del eje del motor, numero de casquillos soldados, parámetros a configurar antes de empezar el proceso de soldadura.

Tabla 9 Criterios para la selección del PLC

ALTERNATIVAS	CARACTERISTICAS				
	ENTRADAS DIGITALES	SALIDAS DIGITALES	ALIMENTACIÓN	HMI	COSTO
S7 1200 (CPU1211C) + KTP400	6	4	24V DC	SI	885
XINJE XP318RT	10	8	24V DC	SI	500
FlexiPanel FP4057 + FPED-HS-0808N	8	8	24V DC	SI	890

Fuente: Autor.

Se hizo la selección de un PLC Xinje, por varias razones una por el bajo costo y la gran prestación que ofrece, además su diseño está enfocado justamente para el control de motores paso a paso, la interfaz gráfica incluida, número de entrada/salidas para el control del sistema y la compatibilidad con programación ladder.

3.3.3.1. PLC&HMI Xinje XP318RT.

La serie XP/XMP-18 de controladores de interfaz industrial tiene integrada un interfaz humano máquina (HMI) y un PLC (series XC3).

Puede ahorrar espacio con contorno delgado y mejorar la comodidad de mantenimiento.

Características

- Cantidad entradas/salidas y HMI.
 - Cantidad de entradas On/Off.
 - 10 con aislamiento de acoplamiento óptico.
 - Cantidad de salidas On/Off.
 - 8 con aislamiento de acoplamiento óptico, salidas relé/transistor, R&T salidas mixtas.
 - Fácil edición de la imagen del HMI.
 - Registros FLASH ROM 64KB, SRAM 4KB.

- Pantalla LCD: 192x64 pixeles (3.7"), vida útil 500.000 horas.
- 26 teclas de función que pueden ser definidas por el usuario.
- Pulsación de tecla sensible y precisa.
- Puerto multifuncional de descarga: HMI y PLC utilizan un cable de descarga.
- Formato de instrucciones en lenguaje C y ladder.
- Velocidad de procesamiento 0.5us.
- Capacidad de programa 128KB.

- Cantidad máxima de memorias internas (M) 8768.
- Cantidad máxima de temporizadores (T) 640.
- Cantidad máxima de contadores (C) 640.
- Registro de datos (D) 9024.
- Registros Flash Rom (FD) 2048.
- Extensión de registros D (ED) 16383.
- Contadores de alta velocidad hasta 400KHz,
- Password de protección 6 bits ASCII.
- Nivel de protección IP20.
- Pequeña estructura y perfil simple y moderno.
- Software de programación XCPPro.



Figura 27 Controlador lógico programable XP3 XINJE.

Fuente: Autor.

Especificación de las entradas

Tabla 10 Especificación de las entradas

Voltaje de alimentación	DC 24V \pm 10%
Corriente	7mA/DC 24V
Corriente ON	> 4.5mA
Corriente OFF	< 1.5mA
Tiempo de respuesta	Alrededor de 10ms
Formato de la señal	Contacto de transistor NPN colector abierto
Circuito de aislamiento	Aislamiento fotoeléctrico opto-acoplado

Fuente: Manual PLC Xinje.

Conexión de entradas

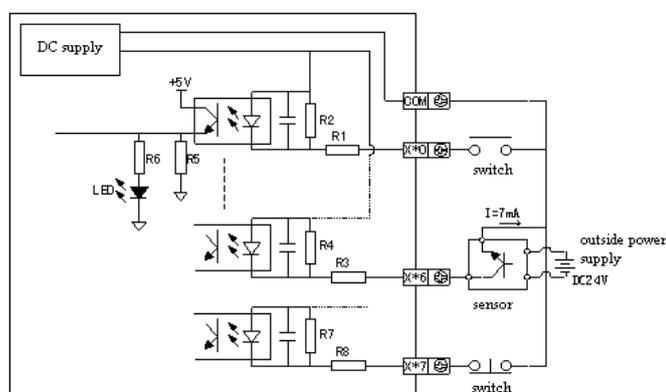


Figura 28 Diagrama de conexión de entradas

Fuente: Manual PLC Xinje

Conexión de las entradas: cuando conecte el terminal de entrada y el terminal COM con contactos sin tensión o Colector abierto NPN para activar la entrada.

Circuito de entrada: el primer bucle y el segundo bucle están aislados por un optoacoplador, el segundo bucle tiene filtro de RC que puede impedir la acción errónea causada por el ruido de la industria o puntos de entrada de oscilación.

Hay un filtro RC en el circuito de entrada. Se establece para evitar mal funcionamiento causado por la vibración de los contactos de entrada o ruido junto con la señal de entrada, para el cambio de entrada ON → OFF, OFF → ON, en el PLC, los retrasos de tiempo de respuesta cerca de 10ms. Hay un filtro digital en el interior X000 - X015. Este tipo de filtro puede ir de 0 ~ 15 ms.

Entrada sensible: corriente de entrada del PLC es DC24V 7 mA, pero para estar seguros, esta necesita hasta 3,5 mA cuando está activada, inferior a 1,5 mA cuando está apagado.

Especificación de las salidas a relé.

Tabla 11 Especificaciones de las salidas a relé.

Salida relé	Y4-Y7
Fuente de alimentación	< AC 240V , DC 30V
Aislamiento del circuito	Aislamiento mecánico
Accionamiento	Produce un ruido al cerrarse
Carga/resistencia máxima	3 A
Carga mínima	DC 5V 2mA
Tiempo de respuesta ON/OFF	10ms
OFF/ON	10ms

Fuente: Manual PLC Xinje.

Conexión de salidas a relé.

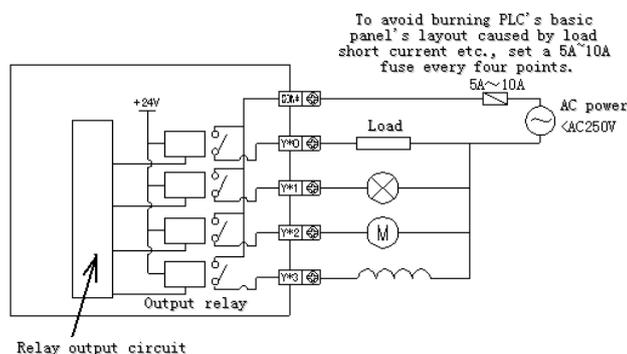


Figura 29 Diagrama de conexión de salidas a relé

Fuente: Manual PLC Xinje.

Terminales de salida: tipo de salida Relay incluye 2 ~ 4 terminales. Así que cada unidad final puede manejar a diferentes sistemas de alimentación de tensión de carga (Ej.: AC200V, AC100V, DC24V).

Aislamiento de Circuito: entre las bobinas de los relés de salida y los contactos, circuitos interiores del PLC y circuitos exteriores, circuitos de carga son de aislamiento eléctrico. Además, cada uno de los bloques están separados.

Tiempo de respuesta: desde la salida de relé galvanizado de los contactos de salida en ON (o OFF), es de aproximadamente 10 ms

Corriente de salida: la corriente-voltaje por debajo de AC250V puede accionar la carga de resistencia pura 2A / 1 punto.

La vida de los contactos de salida de relé: la vida normal de inducir la carga de corriente alterna como contactor, válvula electromagnética: 5 millones de veces para 20VA de carga y 2 millones de veces para la carga 80VA.

Especificación de las salidas a transistor.

Las salidas a transistor se dividen en dos tipos: salida de pulsos de alta velocidad y salidas a transistor normal.

Salida de pulsos de alta velocidad.

Tabla 12 Especificaciones de las salidas a transistor de alta velocidad

Salida de alta velocidad	Y0-Y1
Alimentación	DC 5-30V
Corriente máxima	50mA
Frecuencia máxima de pulsos	200KHz

Fuente: Manual PLC Xinje.

Salidas a transistor normal

Tabla 13 Especificaciones de las salidas a transistor normal

Salida transistor	Y2-Y3
Alimentación	DC 5-30V
Aislamiento del circuito	Aislamiento opto-acoplado
Carga/resistencia máxima	0.4 A
Carga mínima	DC 5V 2mA
Tiempo de respuesta ON/OFF OFF/ON	< 0.2ms < 0.2ms

Fuente: Manual PLC Xinje.

Conexión de salidas a transistor

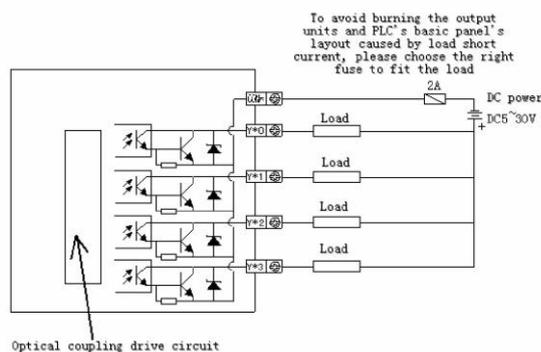


Figura 30 Diagrama de conexión de las salidas a transistor normal

Fuente: Manual PLC Xinje.

Terminal de salida: salida de transistor de la unidad básica tiene 1 ~ 4 Salida.

Fuente Exterior: utilice DC 5 - 30V de tensión constante para la unidad de carga.

Circuito de aislamiento: utilice un dispositivo de acoplamiento fotoeléctrico para aislar del circuito y la salida interior del PLC y transistor. Además, cada bloque está separado.

Tiempo de respuesta: acoplamiento fotoeléctrico acoplado al dispositivo (o corte) de transistor ON - OFF, el tiempo que utiliza el PLC está por debajo de 0,2 ms.

Conexión de PLC con driver de un motor paso a paso.

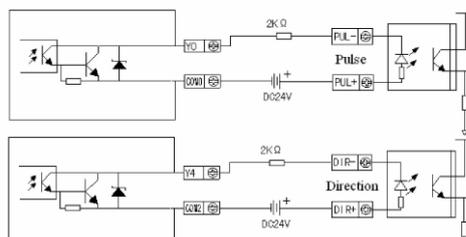


Figura 31 Diagrama de conexión de PLC con driver de un motor paso a paso.

Fuente: Manual PLC Xinje

3.3.3.2. Diagramas de control.

Distribución de entradas y salidas del PLC

Se realiza la distribución de las entradas y salidas con la finalidad de llevar una organización, para facilitar tanto la implementación del tablero de control y la programación del controlador.

Tabla 14 Distribución de entradas y salidas del PLC

IN/OUT	Elemento	Función
X0	Final de carrera	Verificar el ingreso del casquillo.
X1	Final de carrera	Verificar el cierre del cobertor.
X2	Final de carrera	Verificar el cierre del cobertor.
Y0	Driver PUL-	Pulsos para driver del motor acoplado al mecanismo de la torcha
Y1	Driver PUL-	Pulsos para driver del motor acoplado al eje.
Y2	Driver DRI-	Activa la inversión del giro en el driver para el motor del mecanismo.
Y3	Driver DRI-	Activa la inversión del giro en el driver para el motor acoplado al eje.
Y4	Switch	ON/OFF de la electroválvula del gas argón.

Fuente: Autor.

De igual manera detallaremos las variables para el teclado del PLC, que serán mostrados en el HMI.

Tabla 15 Variables de software y HMI.

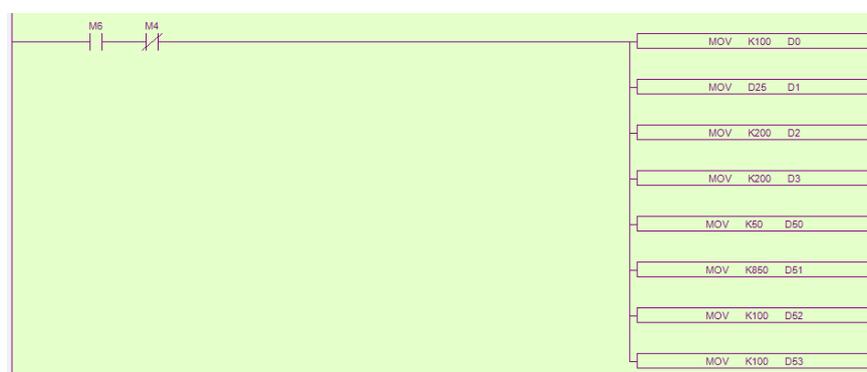
Tecla	Elemento	Función
F1	M0	Inicio del funcionamiento.
F2	M2	Paro de emergencia sistema.
F5	M18	ON/OFF electroválvula de gas.
F6	M30	Calibrar el sistema +1.
F7	M32	Calibrar el sistema -1.
F8	M15	Asigna posicionamiento inicial de la torcha.
ENT	Screen 2	Salta a la pantalla de funciones.
SET	Screen 7	Lleva a la pantalla de calibración.
ESC	Screen 2	Salta a la pantalla de funciones.
0	M9	Reiniciar el contador de casquillos.
1	Screen 3	Salta a la pantalla de variables de proceso.
2	Screen 4	Salta a la pantalla de pulsadores.
3	Screen 5	Salta a la pantalla de variables sistema
4	Screen 6	Salta a la pantalla de aviso de calibración.
▲	Screen +	Salta a la siguiente pantalla.
▼	Screen -	Salta a la pantalla anterior.

Fuente: AUTOR.

3.3.3.3. Descripción del software

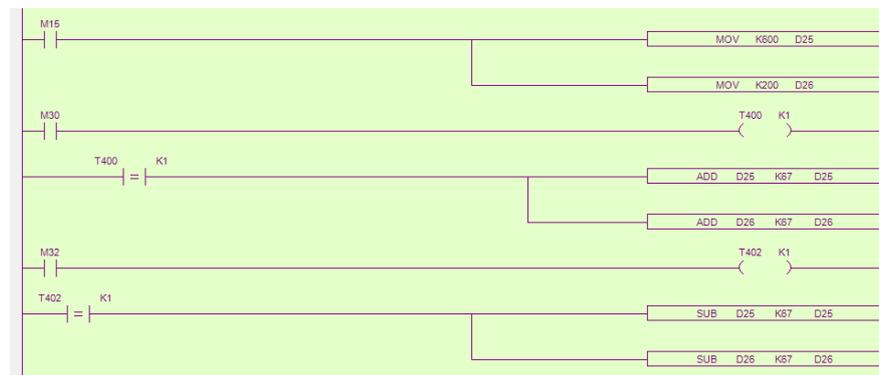
Antes de empezar con la programación del controlador se hizo un previo análisis de parámetros y variables a usar para llevar a cabo el proceso que se los detalla a continuación:

- Inicio y Asignación de parámetros.



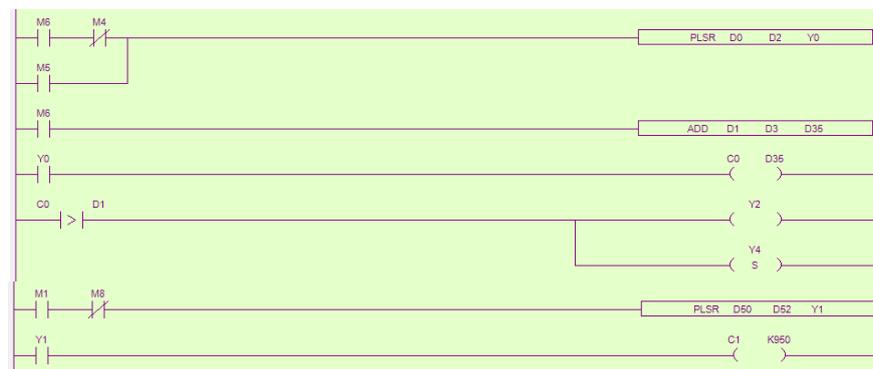
Asignamos en los registros el número de pulsos para la función de salida de pulsos de varios segmentos.

- Calibración del sistema



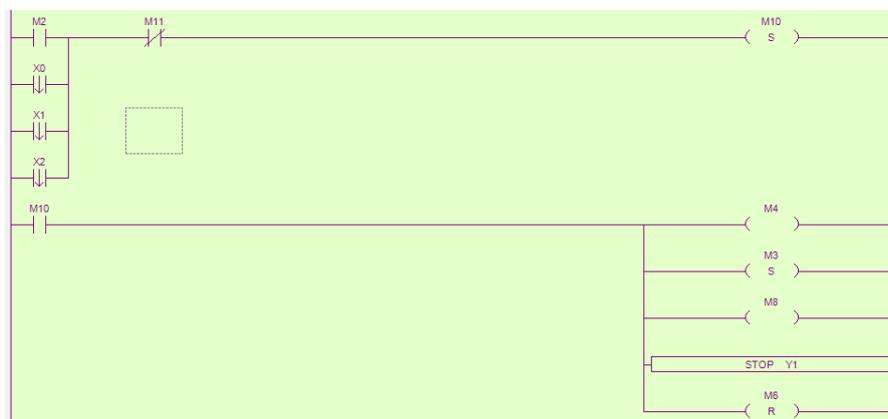
Asignamos los parámetros iniciales de los registros, para proceder a calibrar usando las funciones ADD (suma) y SUB (resta), modificando los registros para que el mecanismo se posicione correctamente.

- Función para control de motores



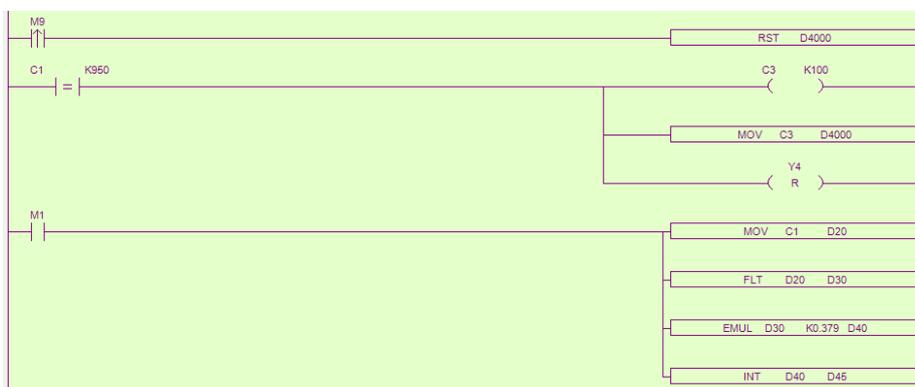
Asignamos los registros correspondientes en la función de pulsos de varios segmentos para Y0 asignamos los registros para el posicionamiento del mecanismo de la torcha, y para Y1 asignamos los registros correspondientes para el giro del eje del casquillo.

- Paro de emergencia



Con la tecla F2 accionamos la bobina M2 para el paro de emergencia de igual forma con los finales de carrera del cobertor y del eje en caso de ser desactivados durante el proceso se acciona el paro de emergencia parando el giro del eje que está en Y1 y accionando la bobina M3 que acciona el mecanismo colocándolo de nuevo a su posición inicial.

- Variables.



Cuando el eje da un giro de 360° el contador se incrementa el cual está almacenado en forma permanente en el registro D4000, para el conteo de los casquillos soldados.

Guardamos la posición del eje en grados centígrados en el registro D45.

3.3.3.4. Diagrama de conexiones

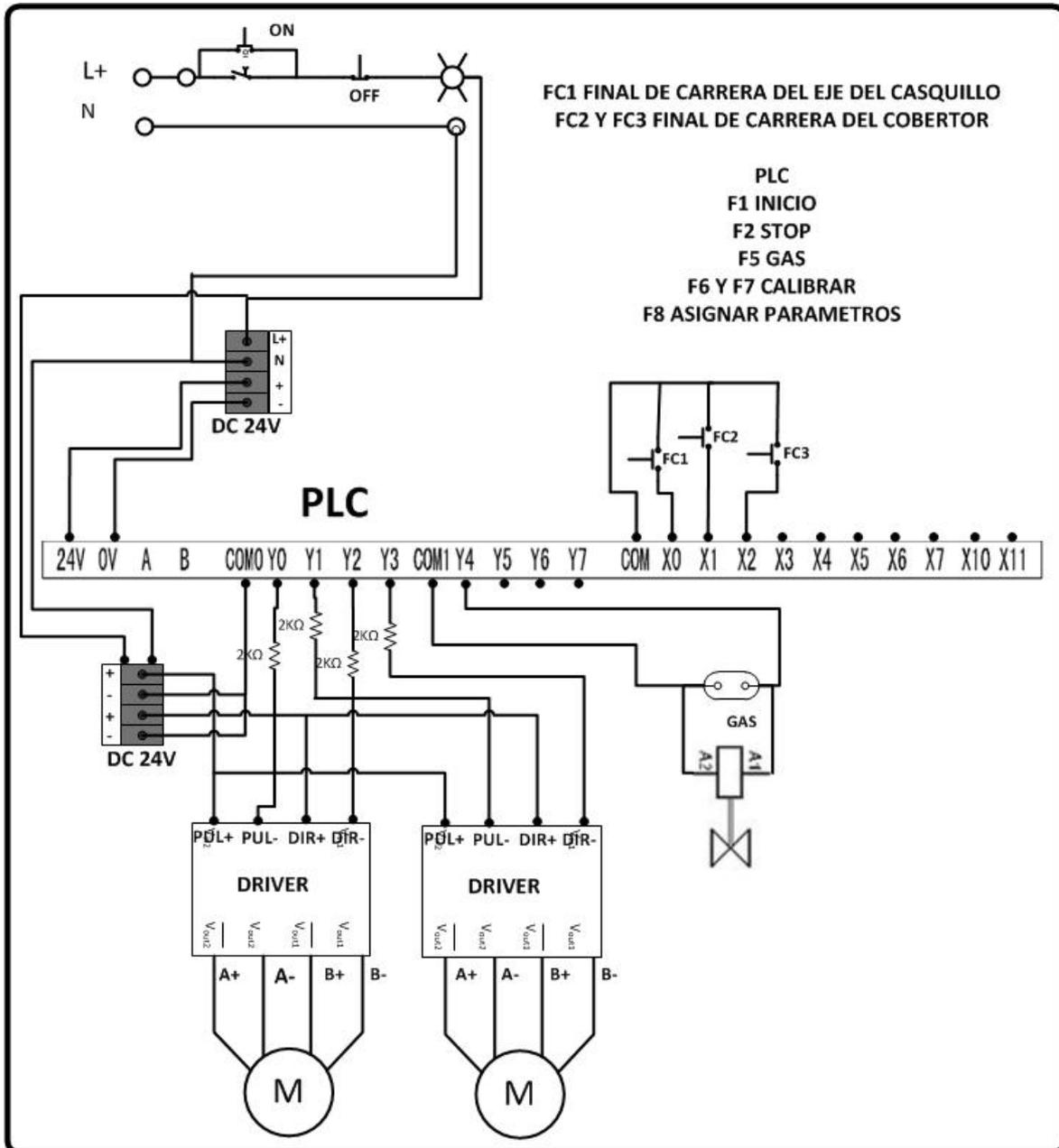


Figura 32 Diagrama de conexiones.

Fuente: Autor

3.3.3.5. Diagrama de flujo

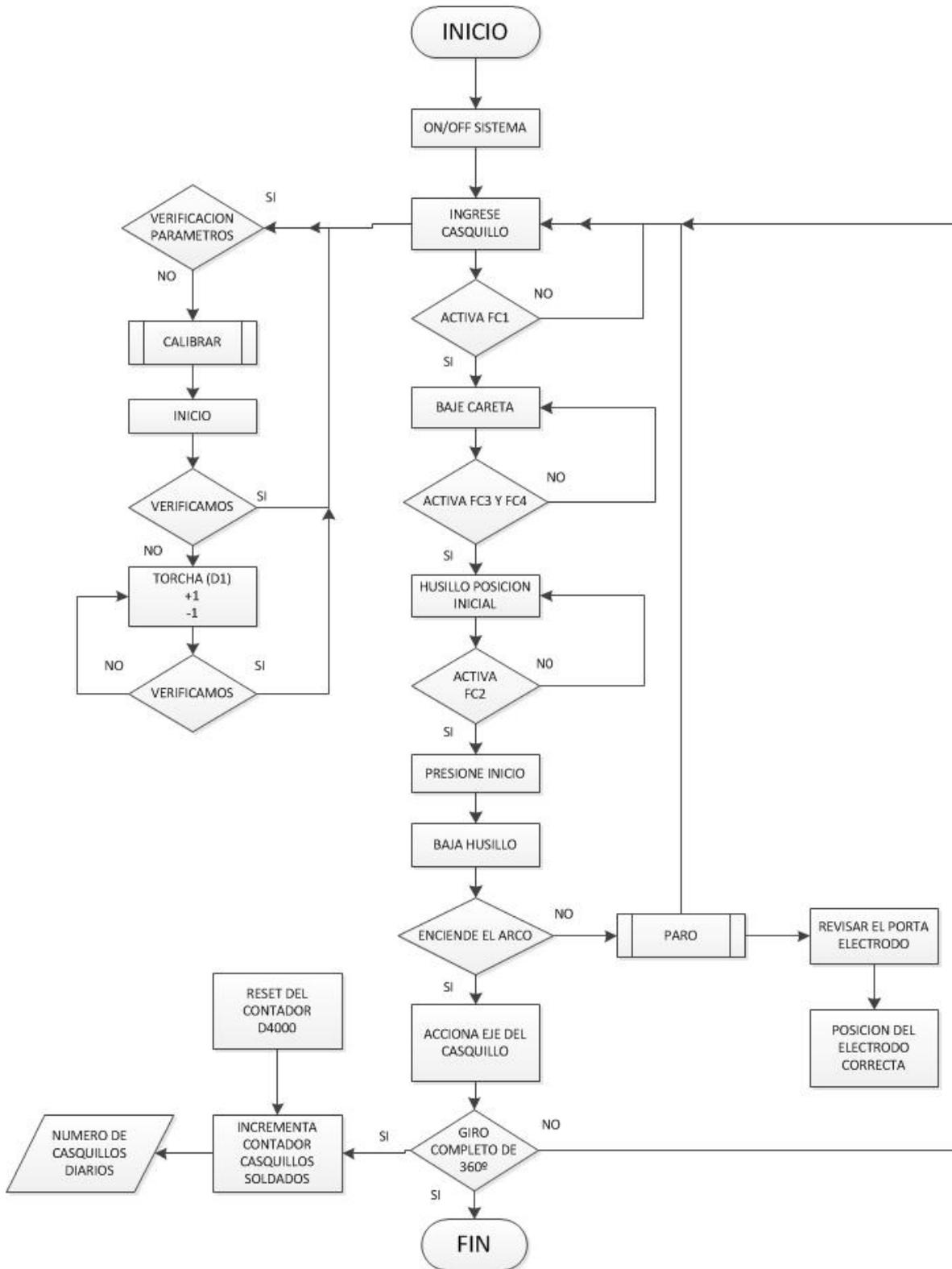


Figura 33 Diagrama de flujo.

Fuente: Autor

3.4. SUBSISTEMA DE RESPUESTA

3.4.1. SELECCION DEL ACTUADOR ELECTRICO.

Para la selección de los actuadores eléctricos que se usaran en el sistema tenemos a disposición en el mercado motores paso a paso y servomotores dc.

Para la selección hay que tomar en cuenta varios factores que debemos evaluar para tomar una decisión acertada, estos factores son velocidad, par, bucle abierto o bucle cerrado, resolución, precio y mantenimiento.

La velocidad: es un factor importante al momento de elegir, cabe recalcar que el sistema trabaja a bajas revoluciones; el motor paso a paso a mayor velocidad menor torque y el servomotor tiene un par constante hasta su velocidad nominal, a bajas revoluciones el par del motor paso a paso es mayor que el de un servomotor de las mismas características.

Bucle abierto o cerrado: los motores paso a paso trabajan con bucle abierto en la mayoría de los casos ya que el posicionamiento del mismo depende directamente del número de pulsos que el controlador envía al mismo, los servomotores trabajan con ciclo cerrado, es decir necesitan de una retroalimentación para controlar el posicionamiento del mismo, es importante trabajar con bucle cerrado cuando la aplicación es de alta velocidad, para nuestro sistema se trabaja a bajas velocidades por lo tanto es factible la elección del motor paso a paso.

La resolución: es el paso más pequeño al que puede moverse el motor, los motores paso a paso tienen 200 pasos por revolución, con un driver se aumenta la resolución hasta 250.000 pasos por revolución, la resolución de un servomotor se basa en un codificador con valores típicos como 500, 1000 y 2000 pasos por revolución; en este caso con un motor paso a paso de 200 pasos por revolución se obtiene una resolución suficiente para posicionar los ejes.

Costo: un sistema de control para motor paso a paso es entre un 10 o 20% más barato que uno para servomotor.

Mantenimiento: los motores paso a paso no tienen escobillas por lo tanto no necesitan de mantenimiento, los servomotores necesitan un cambio de escobillas periódicamente.

3.4.2. DIMENSIONAMIENTO DE ACTUADORES ELÉCTRICOS

Para el diseño del eje se necesita considerar el motor que se utilizará. La tendencia con lo expuesto anteriormente es utilizar un motor paso a paso.

La ventaja principal del motor paso a paso es la que funciona en óptimas condiciones en bucle abierto, es decir q en condiciones normales de utilización, por un número n de impulsos se obtiene un desplazamiento de n pasos.

El funcionamiento de un motor paso a paso necesita de tres elementos básicos:

- Unidad de mando: en este caso PLC, el cual proporciona impulsos cuya frecuencia es proporcional a la velocidad de rotación del motor, e impondrá igualmente del sentido de rotación.
- Un controlador: (driver) para orientar los impulsos hacia las distintas bobinas del motor.
- Una alimentación de potencia.

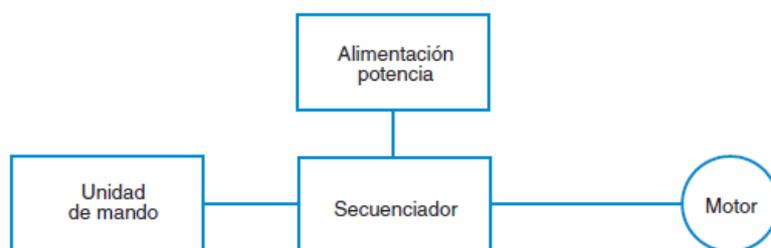


Figura 34 Diagrama de funcionamiento de un motor paso a paso

Fuente: Autor.

El motor suministra el torque necesario para crear el movimiento requerido de la carga a través de un actuador (los aparatos mecánicos que están entre el eje del motor y la carga o el objeto). La información más importante para lograr el movimiento requerido es:

- Cantidad total de pulsos del PLC para llegar a la posición.
- Resolución de la posición de la carga.
- Frecuencia de los pulsos del PLC para alcanzar el tiempo de movimiento.
- Torque que tiene que suministrar el motor paso a paso.

El tipo más básico de perfil de movimiento es un perfil "partir-parar" donde no hay un período de aceleración o uno de desaceleración. Este tipo de perfil de movimiento se usa solamente para aplicaciones de baja velocidad como es nuestro caso. La fórmula para encontrar la velocidad del tren de pulsos para el movimiento "partir-parar" es:

$$f_{SS} = \text{velocidad del tren de pulsos} = P_{total} / t_{total}$$

$$P_{total} = \text{Pulsos totales}$$

$$t_{total} = \text{tiempo del movimiento}$$

$$f_{SS} = 400 \text{ pulsos} / 20 \text{ seg} = 20.202 \text{ Hz}$$

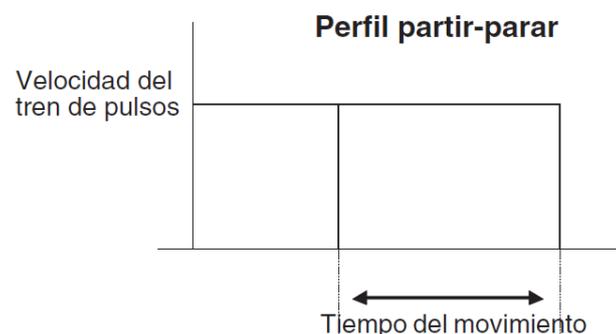


Figura 35 Perfil de movimiento partir-parar

Como parte de esta selección se cree necesario determinar dos tipos de torques:

- El torque necesario para vencer las inercias del eje.

- El torque debido a una fuerza necesaria para desplazar el conjunto que se encuentra montado sobre el eje, en este caso el casquillo de acero inoxidable a soldar.

Esto da la opción de requerir un motor de bajas revoluciones como: un paso a paso (pap), que proporcionaría un torque suficiente y una buena estética en el dispositivo debido a su pequeño tamaño.

Torque requerido

Se consideró dos tipos de torques requeridos: el necesario para vencer la inercia de los elementos que rotan y aquel útil para desplazar todo el conjunto que pesa sobre el eje.

Torque para vencer la inercia

Acople: el valor de la inercia está calculado para un valor de densidad unitario donde la masa es igual al volumen. Por tanto para la densidad de este elemento, cuyo material es acero: $7.85 \text{ E } -03 \text{ Kg/cm}^3$, la masa será la siguiente:

$$m = \rho * V$$

$$m = 0,00785 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} * 3,298 \text{ cm}^3$$

$$m = 0,02\text{kg}$$

$$J = \frac{m(r_o^2 + r_i^2)}{2}$$

$$J = \frac{0.02 * (5^2 + 3.8^2)}{2}$$

$$J = 0.394 \text{ kg} * \text{cm}^2$$

Eje del casquillo

$$m = \rho * V$$

$$m = 0,00785 \frac{kg}{cm^3} * 87,878 cm^3$$

$$m = 0,7kg$$

$$J = \frac{mr^2}{2}$$

$$J = \frac{0.7 * 3.8^2}{2}$$

$$J = 5.05 kg * cm^2$$

Con los cálculos realizados, e incluyendo el peso del casquillo a soldar se ha considerado un motor a pasos como el que se muestra a continuación.



Figura 36 Motor paso a paso Nema 17

Fuente: Auto

- Motor paso a paso Nema 17
- Dimensiones : 42mm X 42mm X 42mm
- Step angle 1.8 grados.
- Temperatura ambiente -25 to 40 ° C.
- Voltaje 2.8V.
- Corriente 1.7A.
- Torque 456 mN.m

Se recomienda que el motor esté montado en una superficie metálica para ayudar a disipar el calor generado por el motor.

Motores de 6 conductores

Los motores de 6 conductores se pueden conectar en serie o en el cable central centro. En modo en serie, los motores producen más torque en velocidades bajas, pero no pueden funcionar tan rápidamente como en la configuración de conexión central. En la operación en serie, el motor se debe hacer funcionar con corriente menor que la nominal en un 30% para evitar calentamiento. Los diagramas eléctricos para ambos métodos de conexión se muestran abajo. NC significa no conectados.

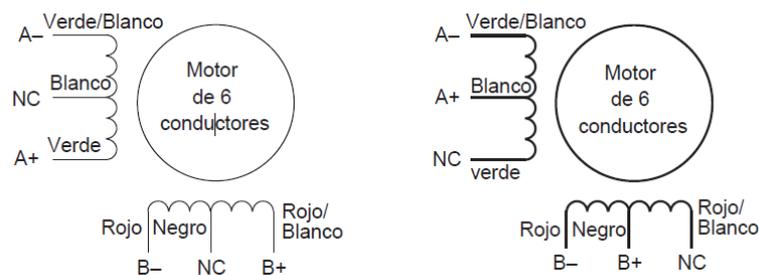


Figura Conexión del motor paso a paso.

Fuente: Catalogo SKC motores paso a paso.

Siendo la carga y el actuador elementos físicos con masa, siempre se necesitará un torque dinámico para mover la carga en la aceleración y para frenar la carga en la desaceleración, además de la resistencia normal de la carga.

Manejar el eje se debe determinar el momento de carga M_{carga}

El torque requerido para manejar el eje es determinado por el torque de carga.

$$M_{motor} = M_{carga} \quad [N \cdot mm]$$

$$M_{carga} = F * \left(\frac{h}{2\pi\eta} + r_B * \mu_B \right) * \frac{1}{i} \quad [N.mm]$$

$$M_{carga} = 19.47 * \left(\frac{3}{2 * \pi * 0.3} + 1.5 \right) * \frac{1}{1}$$

$$M_{carga} = 46.7 N.mm$$

F = Fuerza total [N]

h = paso de husillo [mm]

r_B = radio medio cojinete [mm]

μ_B = coeficiente de friccion [mm]

i = relacion de transmision

η = coeficiente de eficiencia para convertir M en una fuerza axial

Valores experimentales.

$\eta = 0.9$ husillo de rodamiento de bolas

$\eta = 0.3$ eje de acero con tuerca de bronce

$r_B * \mu_B = 0.015$ cm para rodamientos de rodillos

$r_B * \mu_B = 0.15$ cm para rodamiento de friccion de acero – bronce

Determinación del momento de inercia.

$$J_{ext} = J_{rot} + J_{trans} \quad [Kg mm^2]$$

$$J_{ext} = 12.33 + 0.23$$

$$J_{ext} = 12.56 Kg mm^2$$

$$J_{ext} = 125.6 g cm^2$$

J_{ext} = Inercia total externa con referencia al eje del motor.

J_{rot} = Momento de inercia rotatoria.

J_{trans} = Momento de inercia de translacion.

$$J_{rot} = \frac{1}{2} \pi * r^4 * L * \gamma$$

$r = \text{radio del eje.}$

$L = \text{distancia.}$

$\gamma = \text{peso específico acero } \left(7.85 * 10^{-3} \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^3} \right).$

$$J_{rot} = \frac{1}{2} \pi * 10^4 * 100 * 7.85 * 10^{-6}$$

$$J_{rot} = 12.33 \text{ Kgmm}^2$$

$$J_{trans} = m \left(\frac{h}{2\pi} \right)^2$$

$m = \text{masa Kg.}$

$h = \text{paso del tornillo.}$

$$J_{trans} = 0.486 \left(\frac{3}{2\pi} \right)^2$$

$$J_{trans} = 0.23 \text{ Kgmm}^2$$

Con los cálculos realizados, e incluyendo el peso del casquillo a soldar se ha considerado un motor a pasos como el que se muestra a continuación.



Figura 37 Motor paso a paso Nema 23

Fuente: Autor.

- Motor paso a paso Nema 23
- Dimensiones : 57mm X 57mm X 57mm
- Step angle 1.8 grados.

- Temperatura ambiente -25 to 40 ° C.
- Voltaje 2.5V.
- Corriente 3 A.
- Torque 1088 mN.m

3.4.2.1. *Driver motor paso a paso*

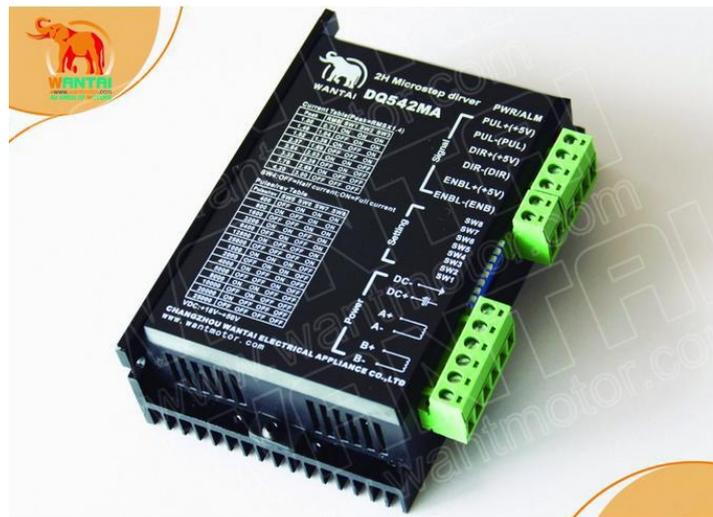


Figura 38 Driver Wantai DQ542MA

Fuente: Manual driver Wantai DQ542MA.

En driver es el Wantai DQ542MA para motores paso a paso de 2 fases bipolares híbridos con una corriente de fase máxima de 4 A y una alimentación de 18 a 50 V DC.

El driver cuenta con entradas y salidas aisladas opto-acopladas y protección contra cortocircuitos, fase de protección en sobre voltaje; bajo voltaje y sobre intensidad.

Dispone de 8 canales de fase de salida 3 (SW1, SW2, SW3) para configurar la corriente de salida, 4(SW5, SW6, SW7, SW8) para la resolución de pulsos por revolución y 1 (SW4) para selecciona la corriente al detener el motor, ON reduce la corriente a la mitad de la seleccionada y OFF se mantiene la corriente seleccionada.

Diagrama de bloques

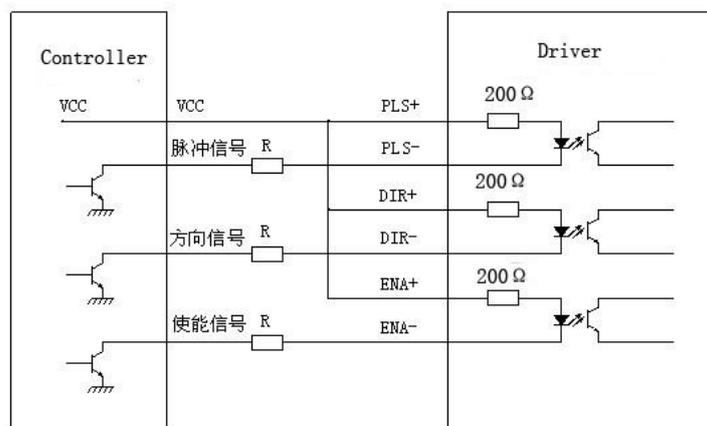


Figura 39 Diagrama de bloques de conexión NPN.

Fuente: Manual Driver Wantai DQ542MA.

- Cuando $VCC=5V$, $R=0$
- Cuando $VCC=12V$, $R=1K$, $1/8W$
- Cuando $VCC=24V$, $R=2K$, $1/8W$

La entrada PUL+, PUL- entrada de pulsos al driver del motor paso a paso, DIR+, DIR- entrada para la dirección de giro del motor y EN+, EN- se usa para activar y desactivar el controlador.

Las entradas DC+, DC- son para la alimentación positivo y negativo respectivamente con 18 a 50 VDC.

Las entradas A+, A-, B+, B- son las bobinas del motor paso a paso.

CAPÍTULO IV

4. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE SOLDADURA

En el presente capítulo consta:

Construcción de la estructura mecánica: que servirá como soporte para el mecanismo de posicionamiento de la antorcha, el eje del casquillo y los motores eléctricos.

Ubicación del mecanismo de posicionamiento y del eje giratorio: se hace un análisis de los parámetros más significativos para la ubicación de los mismos tomando en cuenta que el principal objetivo es garantizar un proceso adecuado de soldadura para obtener un cordón de buenas características.

Implementación del sistema de control: se tiene una serie de dispositivos, PLC+HMI, drivers, fuentes de alimentación, fusibles, estructurados en un gabinete con la finalidad de tener un control de algunos parámetros que intervienen en el proceso de soldadura.

Calibración del sistema: antes de iniciar con el proceso siempre se debe verificar si el sistema está calibrado, principalmente el posicionamiento de la antorcha para tener un proceso adecuado de soldadura.

Pruebas: se busca el punto de operación del sistema variando los parámetros más representativos como el amperaje y la velocidad de avance del metal base.

Análisis de resultados: se elige los parámetros más representativos en donde el proceso de soldadura es el adecuado para plasmarlos en un EPS.

Análisis de costos beneficios: se hace un análisis detallado de todos los costos del sistema y del periodo de recuperación del mismo.

4.1. CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA

Para la construcción de la estructura se toma en cuenta los elementos que no son tan representativos (cobertor, estructura, cajas, etc), es decir que no se tomaron en cuenta en el subsistema mecánico en el capítulo anterior, está compuesto por:

4.1.1. Cobertor del sistema de soldadura.

Se ha construido un cobertor para el sistema, de modo que el usuario u operador del mismo no este expuesto directamente al proceso de soldadura, con la finalidad de evitar cualquier accidente, el mismo que cuenta con un vidrio negro protector N° 12, para que se pueda visualizar el proceso de soldadura y verificar si el arco inicia correctamente y el baño de fusión es constante con la finalidad de garantizar un proceso adecuado y en caso de ser necesario el operador pueda interrumpir el proceso.

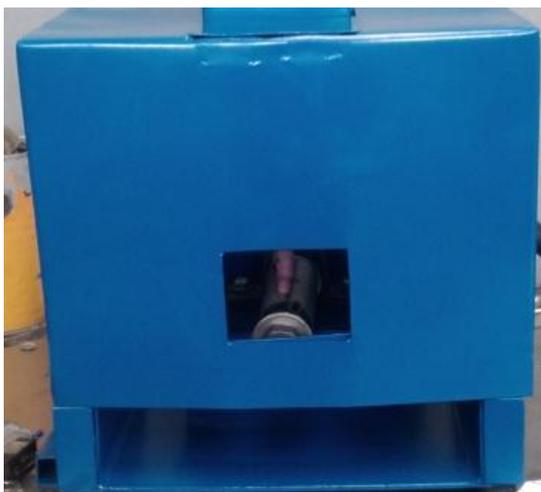


Figura 40 Cobertor.

Fuente: Autor.

4.1.2. Estructura de la máquina.

Sujeta el cobertor y le proporciona un movimiento adecuado permitiendo ingresar el casquillo para ser soldado y de la misma forma retirarlo al final del proceso.

Esta estructura también servirá para el posicionamiento del mecanismo que se encargara de mover la torcha.

Toda la estructura está revestida con pintura electrostática, que la hace dieléctrica a toda la estructura, para aislarla del circuito de soldadura y evitar cualquier tipo de accidente, también debido al acabado y durabilidad que esta brinda.



Figura 41 Estructura mecánica

Fuente: Autor.

4.1.3. Caja para los motores

A cada motor se le construirá su respectiva caja con el fin protegerlo del polvo, de la humedad y alargar la vida útil del mismo las cuales se pueden observar en la figura 41.

4.2. UBICACIÓN DEL MECANISMO DE POSICIONAMIENTO.

Ubicación del mecanismo en forma vertical u horizontal

Para la ubicación del mecanismo de posicionamiento se va a estudiar la factibilidad del mismo ya que hay dos alternativas para la ubicación, tomando en cuenta la seguridad, la confiabilidad, el mantenimiento, el costo, la apariencia, el peso, la ergonomía, un correcto proceso de soldadura, precisión, robustez entre otros.



Figura 42 Mecanismo

Fuente: Autor.

Análisis de alternativas con respecto a lo mencionado anteriormente:

Costo: es un parámetro determinante al momento de elegir una alternativa, tomando en cuenta siempre el costo inicial, el costo de operación y mantenimiento y los costos indirectos en ambos casos serían los mismos.

Versatilidad: se hace hincapié al comportamiento del mecanismo ya en un solo conjunto, es decir, el desempeño de todos los elementos al acoplarse,

encaminada a un funcionamiento normal y garantizar con esto un adecuado proceso de soldadura, es muy importante tomar en cuenta este parámetro para en un futuro no tener contratiempos que pueden conllevar a ocasionar pérdidas por algún fallo en el funcionamiento del mecanismo.

Precisión: en el proceso de soldadura el posicionamiento de la torcha un parámetro muy importante ya que de esto depende un correcto proceso de soldadura, al iniciar y finalizar el arco, para evitar grietas y porosidad en el cordón de soldadura y la contaminación del material con la inclusión del tungsteno en el cordón de soldadura.

Robustez: debido a que el mecanismo debe contar con precisión, este también debe ser robusto para sujetar la torcha y posicionarla adecuadamente para un control del proceso de soldadura.

Fácil mantenimiento: vital para alargar su vida útil, debido a que todo sistema mecánico como en este caso el mecanismo de husillo, están sujetos a fallos por lo que el diseño está realizado de tal manera que los componentes que lleguen a fallar sean fácilmente reemplazados y ensamblados de nuevo para un correcto funcionamiento.

Valoración de parámetros.

Para elegir la alternativa adecuada y para cumplir con los requerimientos del sistema podemos concluir que la mejor alternativa es la primera por lo tanto ubicaremos el mecanismo de posicionamiento en forma vertical, ya que la torcha para los procesos de soldadura en la mayoría de los casos se mueve en forma vertical de arriba hacia abajo para iniciar y finalizar el arco, recalando que todo está en función y encaminado a garantizar un correcto proceso de soldadura.

4.3. UBICACIÓN DEL EJE GIRATORIO

Para la ubicación del eje giratorio del casquillo se va a estudiar factibilidad proponiendo de igual manera dos alternativas eje en forma vertical u horizontal

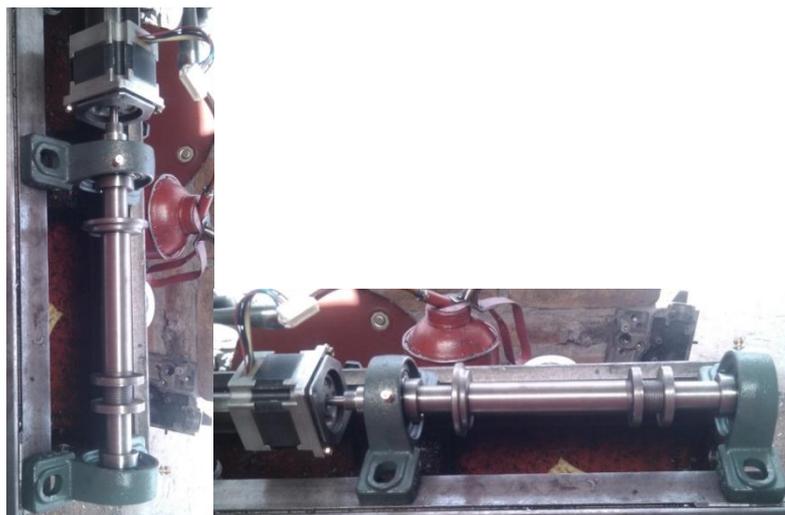


Figura 43 Eje casquillo

Fuente: Autor

Análisis de alternativas para un correcto funcionamiento:

Fácil montaje del casquillo: el eje debe de estar ubicado de tal manera que al operador del sistema le resulte fácil montar el casquillo para dar inicio al proceso de soldadura y también de igual forma al retirarlo al final del proceso de soldadura.

Acople del casquillo: debe tener facilidad para el acople de los elementos del cilindro y la tapa del casquillo y de igual forma al momento de retirar el casquillo ya soldado.

Seguridad del proceso de soldadura: la ubicación debe garantizar la seguridad del proceso y del operario de la máquina.

Fiabilidad del proceso de soldadura: con una ubicación correcta del eje estamos garantizando fiabilidad en el proceso con el fin de obtener un cordón de soldadura uniforme y limpio (sin grietas y porosidad).

Robustez: el proceso de soldadura para unir dos piezas implica la formación de un arco eléctrico, que genera una gran cantidad de calor hasta llegar a fundir el material para juntarlo y formar una sola pieza (no es necesario material de aporte), es por eso que el eje debe ser robusto y la ubicación es muy importante para controlar estos parámetros.

Valoración de parámetros.

Para elegir la alternativa adecuada y para cumplir con los requerimientos del sistema podemos concluir que la mejor alternativa es la segunda por lo tanto ubicaremos el eje en forma horizontal, ya que la torcha para iniciar el proceso de soldadura está en forma vertical esa es la mejor alternativa y también con esto evitamos que el baño de fusión líquido se desplace hacia abajo por la acción de la gravedad lo que si ocurriría si ubicamos el eje en forma vertical.

4.4. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL

Para el sistema de control se va a implementar un tablero, el cual consta de cuatro dispositivos principales y algunos secundarios.

Entre los elementos principales para la implementación del sistema tenemos, el PLC, una fuente siemens de 24 V a 2.5 A, los drivers para los motores paso a paso, la fuente de poder 24 V 10A y los actuadores eléctricos (motores paso a paso).

Todos estos componentes serán montados en un gabinete de 40x40x20 cm a excepción de la fuente de 10 A, para realizar su respectivo cableado.

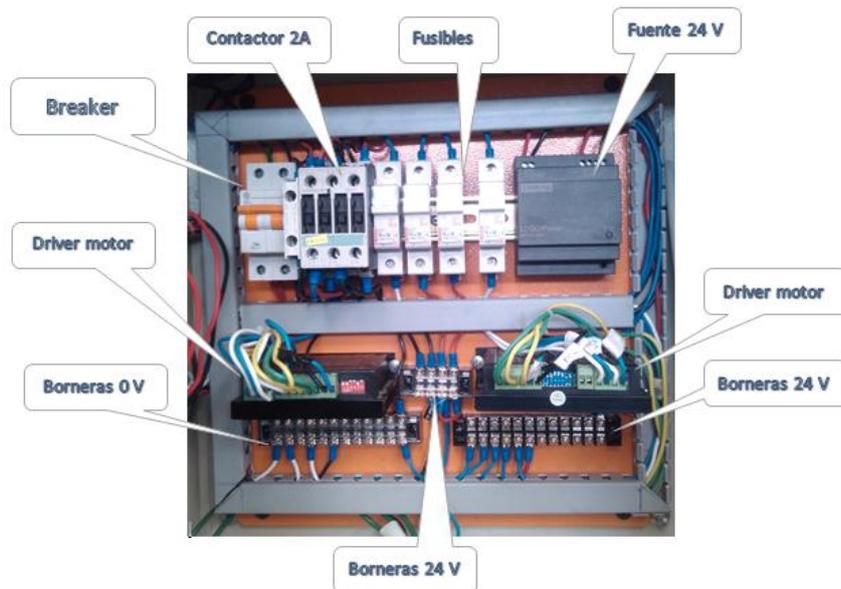


Figura 44 Tablero de Control.

Fuente: Autor.

En la parte externa del gabinete podemos observar el PLC + HMI y las luces piloto y pulsadores.



Figura 45 Panel de control

Fuente: Autor

4.4.1. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE PLC.

El PLC es el elemento central del sistema de control, es el encargado de enviar y recibir las señales eléctricas digitales, procesarlas y accionar los mecanismos que componen el sistema de soldadura.

El PLC va a recibir señales digitales de los finales de carrera ubicados en el sistema de soldadura, los cuales van a garantizar el inicio correcto del proceso, ya que mientras todos los finales de carrera no sean accionados el controlador no da la orden de iniciar el proceso.

Los switch/interruptor de inicio - fin de proceso están ubicados para que sean accionados con el cobertor y con el ingreso del casquillo en el eje, es decir que mientras el cobertor de soldadura no sea ubicado y se accione los switch el proceso no se inicia, así mismo mientras no se ingrese el casquillo, lo que garantiza que todo debe estar en su posición para iniciar correctamente el proceso de soldadura.

En el HMI del controlador se visualizaran siete pantallas, en la primera una presentación de la máquina, en la segunda las funciones que podemos escoger parámetros, funciones, variables y calibración, en la tercera se visualiza los parámetros a configurar en la máquina de soldadura, en la cuarta algunas variables, entre las cuales se visualiza el estado de cada uno de los finales de carrera, también se visualiza dos pulsadores el de inicio y el de paro del proceso de soldadura que serán accionados con F1 y F2 respectivamente y en la quinta se visualiza el contador de casquillos soldados, la posición angular del eje, los registros del contador de pulsos para el posicionamiento del mecanismo de la antorcha y el registro para el contador de numero de casquillos soldados en la sexta un mensaje de alerta antes de calibrar la máquina y en la séptima los parámetros para calibrar el posicionamiento de la torcha para garantizar el arranque del arco lift arc.

En las salidas del controlador, las cuatro salidas a transistor son conectadas a los drivers de los motores paso a paso, Y0 y Y1 para salida de pulsos para cada

driver, Y2 y Y3 para la dirección, las salidas estarán implementadas con un mecanismo de protección un fusible cerámico 10x38 de 2 A con un porta-fusible para riel din, la salida Y4 activa el interruptor para el gas argón.

4.4.2. FUENTE DEL CONTROLADOR.

La fuente del controlador es una fuente siemens de 24 V DC a 2.5 A, la cual proporciona energía al controlador, la misma que será instalada con el fin de alimentar el PLC y garantizar su funcionamiento con su debida protección contra sobrecargas, cortocircuitos (fusible).

4.4.3. DRIVERS DE MOTORES PASO A PASO

Se encargan de enviar las señales digitales a los motores para controlar su posición, velocidad y dirección, son la interfaz de potencia entre el controlador y los actuadores eléctricos.

4.4.4. FUENTE DE POTENCIA

Fuente genérica de 24 V DC y 10 A, para compensar la carga y el consumo de corriente de cada motor en funcionamiento, ya que cada motor consume alrededor de 3.5 A máximo.

4.4.5. MOTORES PASO A PASO BIPOLARES

Actuadores eléctricos que tienen la función de mover el eje del casquillo y el mecanismo de posicionamiento de la torcha. El posicionamiento de los mismos están en función del número de pulsos que envía el controlador al driver.

4.5. CALIBRACIÓN DEL SISTEMA

Antes de empezar con las pruebas del sistema de soldadura, el mismo debe de estar previamente calibrado, cuidar cada paso del proceso de soldadura garantiza excelentes resultados.

El posicionamiento de la torcha de soldadura, por cada giro del motor acoplado al mecanismo, se mueve 3mm verticalmente.

El mecanismo debe de estar en su posición inicial para que el proceso se inicie y los parámetros seteados previamente en el controlador, aseguren un inicio de arco estable y sin problemas.

Para garantizar el inicio o arranque de arco estable la torcha solo toca el metal base y se levanta para generar el arco si la torcha permanece tocando el metal base y electrodo al generar el arco esta se funde junto con el metal base juntándose; teniendo como consecuencia una contaminación del material y un arranque ineficiente del arco eléctrico y como consecuencia un proceso de soldadura deficiente con un cordón en mal estado. Por esta razón al calibrar el sistema antes de iniciar el proceso de soldadura se debe verificar que siempre el electrodo toque la pieza y se levante inmediatamente.

El motor paso a paso que controla el mecanismo de posicionamiento de la torcha está configurado con una resolución de 400 pasos por revolución, es decir el controlador de enviar 400 pulsos para que el motor gire una revolución, para calibrar la torcha esta debe estar en su posición inicial, a partir de esta el motor da tres revoluciones hasta tocar el casquillo a soldar, por lo tanto el controlador está configurado para enviar 1200 pulsos correspondientes a tres revoluciones completas.

Uno de los aspectos importantes en la calibración siempre que se coloque el electrodo en la torcha, después de afilar la punta este debe de tener una distancia de 3 a 7 mm respecto a la boquilla, para evitar la inclusión de tungsteno en el

baño de fusión al generar el arco y contaminar el material base de soldadura, esto conllevaría también a tener que afilar nuevamente el electrodo desgastándolo innecesariamente.

La torcha una vez que toca el casquillo y activa el gas se levanta inmediatamente a 3 mm para generar el arco eléctrico, esto se lo hace invirtiendo el giro del motor una revolución y dejándolo enclavado en esa posición hasta terminar el proceso de soldadura, una vez finalizado vuelve a su posición inicial dando dos revoluciones completas y desactivando el caudal del gas para terminar el arco, cabe recalcar que estos parámetros varían dependiendo de cómo el usuario calibre la máquina.

El eje del casquillo cuenta con una rosca americana witworth con un paso de 1mm, en el cual se van a introducir dos arandelas roscadas que posicionaran axial y radialmente las piezas a soldar y al mismo tiempo sujetarlas, estos de igual forma deben de estar en su posición para obtener una soldadura en buen estado.

Las dos arandelas deben de estar posicionadas de manera que no se calienten en exceso y puedan disipar el calor generado por el arco eléctrico.

4.6. PRUEBAS

La calidad de la soldadura depende del control de diferentes parámetros, entre ellos son fundamentales: la intensidad de la corriente, y el avance de la antorcha, también la aportación del metal base apropiado de ser requerido (en nuestro caso no se requiere material de aporte), el perfecto estado de la punta del electrodo y la limpieza absoluta del metal base antes de iniciar el proceso.

Al soldar acero inoxidable el caudal de gas no debe ser excesivo ya que generara porosidades lo que puede llevar en un futuro a alterar el material destruyendo la capa protectora del mismo.

La inspección y la prueba de las soldaduras aseguran que las mismas cumplan con los requisitos de calidad, confiabilidad y resistencia del conjunto de piezas soldadas.

El nivel de prueba e inspección al que está sujeto el producto soldado depende de los requisitos de la industria en este caso la principal característica es que no existan grietas para evitar la fuga de aire.

En este caso el producto es usado en aplicaciones no críticas, ya que en caso de haber una falla en la soldadura ocasionaría un inconveniente menor, que se lo resolvería con el cambio del producto.

El nivel e intensidad de la prueba y la inspección está influenciado por el objetivo final de la soldadura, cabe recalcar que entre más intenso sea el proceso de evaluación, el proceso de soldadura por pieza tendrá un costo mayor, por lo que es de vital importancia que las piezas soldadas cumplan los estándares que aseguren que el producto terminado sirva para su objetivo.

Para el análisis de las pruebas se elaboró una tabla variando algunos parámetros hasta obtener un proceso de soldadura adecuado tomando en cuenta varios aspectos como el inicio del arco y final, el avance y posicionamiento de la antorcha constante y la alimentación del caudal de gas constante, para los diferentes pruebas se usó probetas de prueba con la finalidad de realizar el análisis correspondiente.

Tabla 16 Pruebas del proceso

Procedimiento de soldadura						
Pases	Espesor mm	Electrodo mm	Diámetro boquilla mm	Corriente		Velocidad de avance rpm
				Tipo	Amperaje A	
1	1.6	2.4	9.5	DCEP	15	0.63
1	1.6	2.4	9.5	DCEP	15	1.26
1	1.6	2.4	9.5	DCEP	15	3.15
1	1.6	2.4	9.5	DCEP	15	6.3
1	1.6	2.4	9.5	DCEP	30	0.63
1	1.6	2.4	9.5	DCEP	30	1.26
1	1.6	2.4	9.5	DCEP	30	3.15
1	1.6	2.4	9.5	DCEP	30	6.3
1	1.6	2.4	9.5	DCEP	50	0.63
1	1.6	2.4	9.5	DCEP	50	1.26
1	1.6	2.4	9.5	DCEP	50	3.15
1	1.6	2.4	9.5	DCEP	50	6.3
1	1.6	2.4	9.5	DCEP	60	0.63
1	1.6	2.4	9.5	DCEP	60	1.26
1	1.6	2.4	9.5	DCEP	60	3.15
1	1.6	2.4	9.5	DCEP	60	6.3
1	1.6	2.4	9.5	DCEP	80	0.63
1	1.6	2.4	9.5	DCEP	80	1.26
1	1.6	2.4	9.5	DCEP	80	3.15
1	1.6	2.4	9.5	DCEP	80	6.3

Fuente: Autor.

4.6.1. ANALISIS DE LAS PRUEBAS DEL PROCESO DE SOLDADURA.

A partir de la tabla anterior se procederá a hacer un análisis del proceso de soldadura con la finalidad de encontrar el punto de operación de la máquina y los parámetros que intervienen en el proceso para configurar los mismos en el sistema y garantizar una soldadura de calidad.

En nuestro caso para el análisis como observamos en la tabla se realizó las diferentes pruebas variando los parámetros más significativos en el proceso que son la corriente y la velocidad de avance y el inicio o arranque del arco eléctrico.

En este caso la máquina de soldadura TIG tiene un arranque Lift-Arc es decir para el inicio del arco el electrodo tiene que tocar la pieza y luego ser levantado adecuadamente activando de igual manera la protección gaseosa para tener un arranque efectivo del arco.

Hay que tener un control exacto y minucioso de estos parámetros para evitar que el electrodo se pegue en el metal base al iniciar el arco ya que si se mantiene el electrodo pegado a la pieza y se activa el gas simultáneamente, la punta del electrodo se funde rápidamente juntamente con el metal base, juntándose y contaminando la pieza de trabajo y teniendo un arranque de arco deficiente.

En nuestro caso para tener un arranque de arco Lift-Arc sin problemas el electrodo toca la pieza y por medio de un temporizador programado en el controlador al levantar el electrodo invirtiendo el giro del motor se acciona el gas inerte después de 200 ms activando la protección, generando el arco eléctrico y evitando con esto que se pegue a la pieza de trabajo, garantizando así un proceso adecuado de soldadura.

Hay que recalcar que de igual manera el posicionamiento de la torcha debe estar calibrado para que el electrodo baje solo hasta tocar el metal base y luego se levante inmediatamente, con el fin de evitar los problemas mencionados anteriormente al iniciar el arco eléctrico.

La velocidad con la que se levanta la antorcha para iniciar el arco es otro parámetro que se debe tomar muy en cuenta ya que si se levanta muy rápido el arranque del arco es deficiente, en muchos de los casos no se inicia o se inicia y luego se apaga.

En este caso se realizó dos pruebas al levantar la antorcha una a 0.5 rps (200 pps) y otra a 0.25 rps (100 pps), a 0.5 rps el inicio del arco era inestable y en algunos casos el arco no arrancaba debido a que la antorcha se levantaba muy rápido, a 0.25 rps el arranque del arco eléctrico es eficiente y constante tomando en cuenta que el mismo debe estar acompañado de una protección gaseosa adecuada.

Cabe recalcar que al no existir una protección gaseosa, no se debe iniciar el arco, y si se lo realiza, al arrancar el mismo el electrodo se calienta inmediatamente fundiéndose juntamente con el metal base y contaminándolo debido a que no existe una protección que evita que el electrodo se contamine y se funda

juntamente con el baño de fusión del metal de trabajo ya que el gas inerte también tiene la función de enfriar el electrodo evitando que se caliente excesivamente y se funda. En la mayoría de los casos al efectuar este procedimiento los resultados son una deformación total del metal base y del electrodo con una fusión excesiva de los mismos.

Al lograr el control del arranque del arco se procederá a hacer el análisis de los parámetros de velocidad de avance del metal base y de la corriente de soldadura para encontrar el punto de operación de la máquina.

En primer lugar analizaremos el proceso de soldadura TIG con una corriente de 15A y varias velocidades de avance.

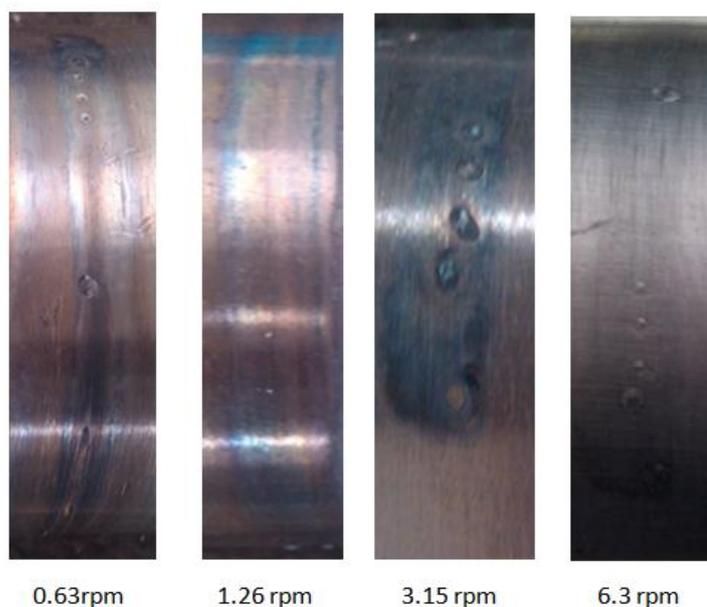


Figura 46 Prueba del proceso a 15 A

Fuente: Autor.

Tabla 17 Análisis de las probetas a 15 A

Análisis del Procedimiento de Soldadura		
Amperaje (A)	Velocidad de avance (rpm)	Resultados
15	0.63	Hay baño de fusión incompleto debido al bajo amperaje y el arco no genera el calentamiento necesario para fundir el material.
15	1.26	Hay baño de fusión deficiente debido al bajo amperaje y el arco no genera el calentamiento necesario para fundir el material y la velocidad de avance no le permite concentrar la temperatura necesaria para fundir completamente el material.
15	3.15	No hay baño de fusión debido al bajo amperaje y al avance rápido de la antorcha que no le permite generar el calentamiento necesario para fundir el material y el arco no es constante.
15	6.3	No hay baño de fusión debido al bajo amperaje al avance muy rápido de la antorcha por lo que el arco no es constante y no se genera el calor necesario para fundir el material.

Fuente: Autor.

A continuación analizaremos el proceso de soldadura TIG con una corriente de 35 A y varias velocidades de avance.

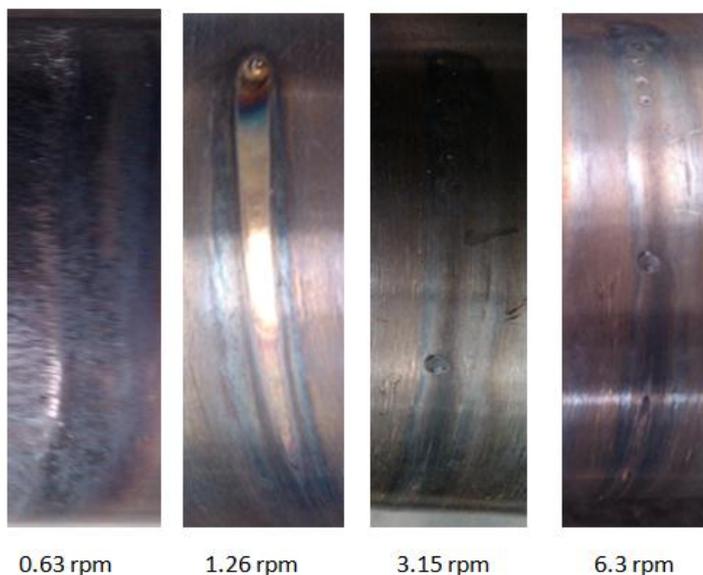


Figura 47 Prueba del proceso a 30 A

Fuente: Autor

Tabla 18 Análisis de probetas de 30 A.

Análisis del Procedimiento de Soldadura		
Amperaje (A)	Velocidad de avance (rpm)	Resultados
30	0.63	Hay baño de fusión incompleto debido al bajo amperaje y el arco eléctrico genera un cordón estrecho poco profundo.
30	1.26	Hay baño de fusión deficiente debido al bajo amperaje y el arco genera el calentamiento necesario para fundir el material pero la velocidad de avance no le permite concentrar la temperatura necesaria para fundir completamente el material.
30	3.15	No hay baño de fusión debido al bajo amperaje y al avance rápido de la antorcha que no le permite fundir el material con el arco generado
30	6.3	No hay baño de fusión debido al bajo amperaje al avance muy rápido de la antorcha por lo que el arco no es constante

Fuente: Autor.

A continuación analizaremos el proceso de soldadura TIG con una corriente de 50 A y varias velocidades de avance.

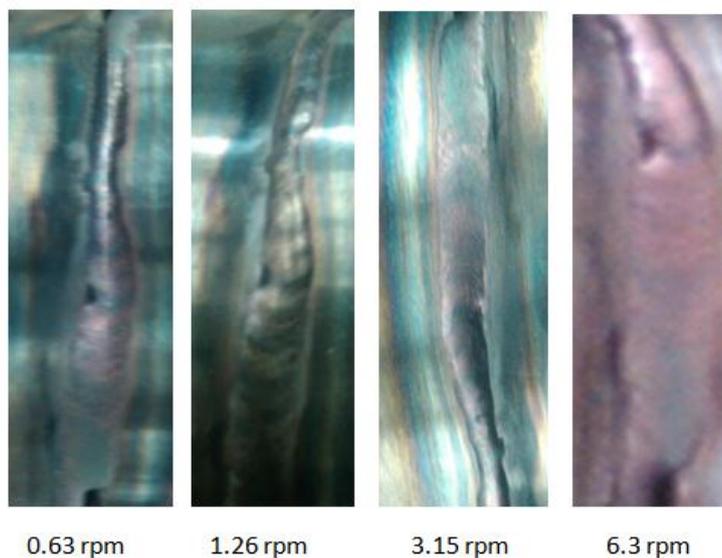


Figura 48 Prueba del proceso a 50 A.

Fuente: Autor.

Tabla 19 Análisis de probetas de 50 A.

Análisis del Procedimiento de Soldadura		
Amperaje (A)	Velocidad de avance (rpm)	Resultados
50	0.63	Hay baño de fusión aceptable con bordes costura irregulares debido a la baja velocidad de la antorcha y el arco eléctrico genera un cordón estrecho
50	1.26	Hay baño de fusión deficiente debido al bajo amperaje y el arco genera el calentamiento necesario para fundir el material pero la velocidad de avance no le permite concentrar la temperatura necesaria para fundir completamente el material logrando poca penetración
50	3.15	Hay baño de fusión aceptable con este amperaje y con el avance rápido de la antorcha tenemos un cordón estrecho con irregularidades.
50	6.3	Hay baño de fusión pero avance muy rápido de la antorcha se crea grietas en el cordón de soldadura debido a que el arco no es constante.

Fuente: Autor.

A continuación analizaremos el proceso de soldadura TIG con una corriente de 60 A y varias velocidades de avance.

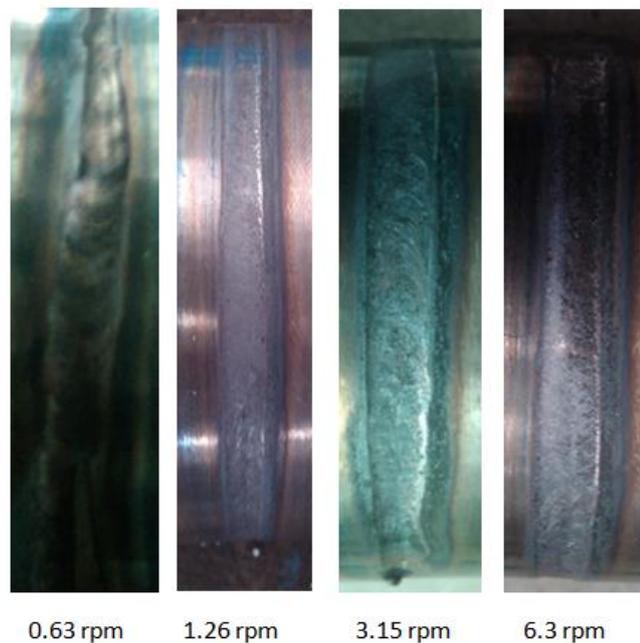


Figura 49 Prueba del proceso a 60 A.

Fuente: Autor

Tabla 20 Análisis de probetas de 60 A.

Análisis del Procedimiento de Soldadura		
Amperaje (A)	Velocidad de avance (rpm)	Resultados
60	0.63	Hay baño de fusión aceptable con bordes costura irregulares debido a la baja velocidad de la antorcha
60	1.26	Hay baño de fusión eficiente y aceptable con un arco constante fundiendo el material correctamente debido a que la velocidad de avance es adecuada obteniendo un cordón de calidad, limpio e uniforme
60	3.15	Hay baño de fusión aceptable con este amperaje y con el avance rápido de la antorcha tenemos un cordón con porosidades.
60	6.3	Hay baño de fusión pero avance muy rápido de la antorcha se crea lo que en el cordón de soldadura con una fusión hundida.

Fuente: Autor.

A continuación analizaremos el proceso de soldadura TIG con una corriente de 80 A y varias velocidades de avance.

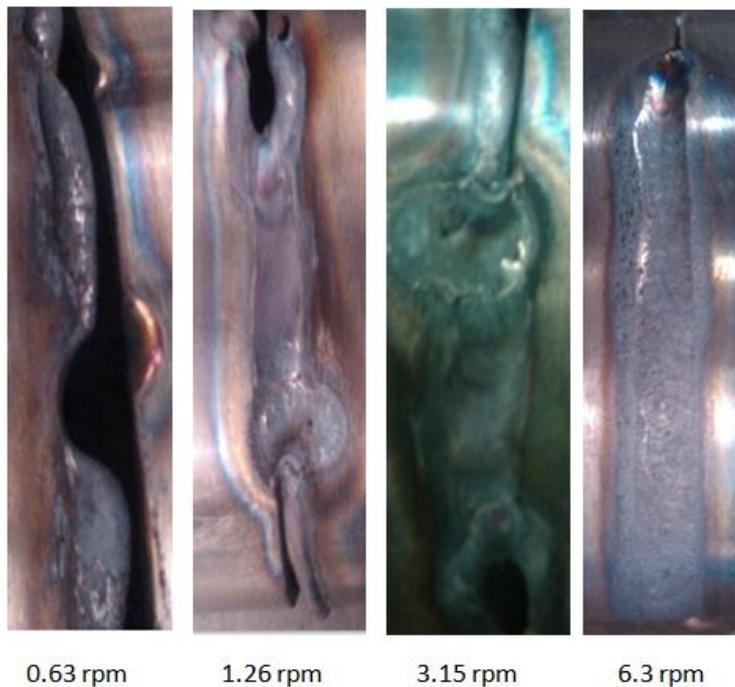


Figura 50 Prueba del proceso a 80 A.

Fuente: Autor.

Tabla 21 Análisis de probetas de 80 A.

Análisis del Procedimiento de Soldadura		
Amperaje (A)	Velocidad de avance (rpm)	Resultados
80	0.63	Hay baño de fusión excesivo fundiendo el material hasta deformarlo debido al alto amperaje y a la poca velocidad de avance de la antorcha.
80	1.26	Hay baño de fusión irregular en partes se funde en exceso y partes con un cordón deficiente debido a la excesiva corriente.
80	3.15	Hay baño de fusión irregular con este amperaje y con el avance rápido de la antorcha tenemos un cordón con irregularidades.
80	6.3	Hay baño de fusión pero avance muy rápido de la antorcha se crea un cordón de soldadura aceptable pero con un arco eléctrico un poco irregular.

Fuente: Autor.

Existen dos tipos de pruebas las destructivas y las no destructivas.

Las no destructivas son aplicadas sin necesidad de alterar el producto y las destructivas al aplicar esta prueba la soldadura queda inutilizable suelen aplicarse aleatoriamente para asegurar que se mantiene la calidad de la soldadura.

Para nuestro caso aplicamos aleatoriamente las pruebas no destructivas con las probetas de soldadura más aceptables visualmente para analizarlas aplicando un ácido penetrante con la finalidad de ver las imperfecciones del proceso de soldadura superficiales.

A continuación aplicamos la prueba en dos probetas en las que podemos observar un cordón de soldadura discontinuo, algunas porosidades, socavación al inicio del cordón y fusión incompleta.

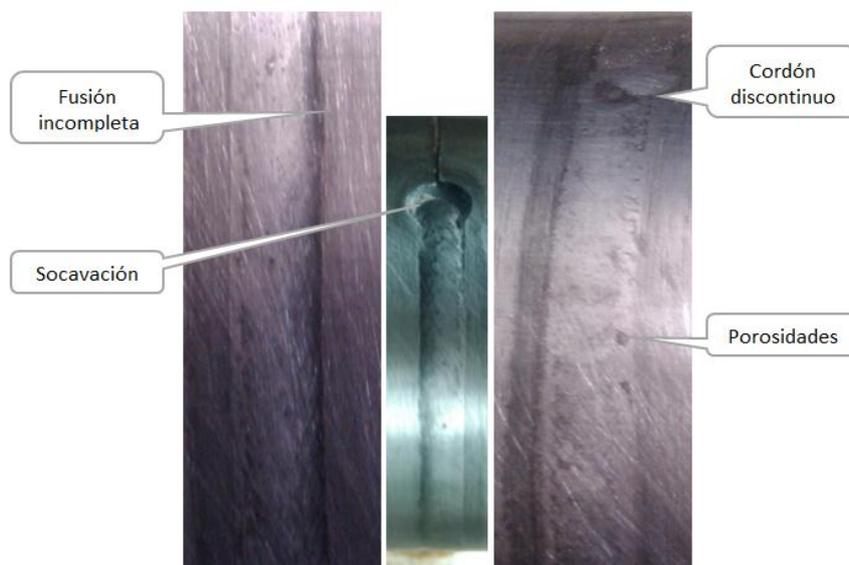


Figura 51 Análisis no destructivo.

Fuente: Autor.

4.6.2. DEFECTOS Y CAUSAS QUE PUEDEN APARECER EN LA SOLDADURA.

Un defecto según la AWS, es una o varias discontinuidades, que por su naturaleza o por el efecto acumulado hace que un producto no cumpla con las especificaciones mínimas requeridas en el proceso de soldadura.

Tabla 22 Defectos y causas en el proceso de soldadura.

DEFECTOS	CAUSAS	SOLUCIÓN
Bordes de costura irregulares.	Baja intensidad o velocidad de avance excesiva. Casquillo mal centrado axialmente y radialmente.	Configurar la corriente adecuada y verificar el avance. Verificar que el casquillo este bien centrado.
Tungsteno quemado o contaminado.	Falta o poca presión de gas argón. Fuga de gas. Cierre muy rápido del	Revisar que la presión de gas sea adecuada. Revisar la instalación del gas.

	gas.	Agregar un temporizador al final del proceso.
Fisuras en el cordón de soldaduras.	Poca o deficiente protección del gas.	Garantizar una alimentación de gas constante.
Salpicaduras.	El baño de fusión se enfría muy rápidamente. Mala penetración o está impregnada de humedad o aceite.	Avance de soldadura lento. Preparar las piezas al soldar.
No hay encendido de arco.	Corriente no llegue a la torcha, los cables están flojos o mal conectados.	Revisar las conexiones eléctricas.
Deficiente encendido del arco.	Mala conexión de acoplamiento de los terminales. La intensidad de corriente en el tungsteno es muy débil.	Verificar las conexiones. Subir la corriente o usar un electrodo de diámetro más pequeño.
El tungsteno se descompone.	Demasiada corriente para el diámetro del electrodo. Falta de gas.	Verificar con tablas si la corriente y el electrodo están bien seleccionados. Observar la presión del caudalímetro del gas.

Fuente: Autor.

4.7. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Como resultado de miles de pruebas realizadas por la ASME y AWS se ha llegado a establecer una serie de criterios y parámetros de soldadura que avalan, una probabilidad alta de producir soldaduras de calidad. Estas especificaciones tienen rangos que permiten hacer modificaciones para encajar con el estilo de soldadura del sistema.

Una vez establecidos los estándares de soldadura específicos para una soldadura en particular, obteniendo el punto de operación de la máquina de soldar, dicha información se la despliega en un documento denominado especificación del procedimiento de soldadura (EPS).

4.7.1. ESPECIFICACION DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA EPS PARA ACERO INOXIDABLE.

Nº de especificación de especificación del procedimiento de soldadura TIG 141
T BW 8 nm t03 D38 PF ss nb

TITULO:

Soldadura: TIG de tubo a tubo.

ALCANCE:

Este procedimiento es aplicable para *soldaduras de ranura cuadrada* dentro del rango de 1/8" (3.2 mm) a 1/8" (3.2 mm). La soldadura se puede realizar en las siguientes posiciones 1G.

METAL BASE:

El metal base debe estar conforme con el acero inoxidable austenítico. Especificación del material de respaldo ninguna.

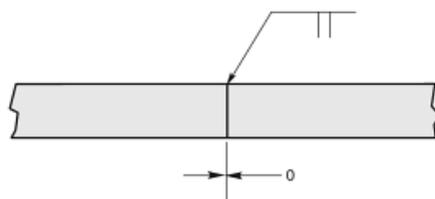
ELECTRODO:

El electrodo de tungsteno debe de cumplir con las especificaciones AWS N° EWTh-2 de la especificación AWS A5.12 El diámetro de tungsteno debe ser 1/8" (3.2 mm) máximo. La forma final del tungsteno debe ser afilado a 2 o 3 veces la longitud de su diámetro.

GAS PROTECTOR:

El gas o gases protectores deben cumplir con las siguientes composiciones y purezas argón de calidad de soldadura.

DISEÑO DE LA JUNTA Y TOLERANCIAS:



PREPARACION DEL METAL BASE:

Se deben de eliminar toda clase de contaminantes como fluidos de corte, grasas, aceites. Esta limpieza se debe hacer con cualquier disolvente o detergente adecuados. La cara de la junta y las superficies tanto interior como exterior del tubo se deben limpiar un radio de 1" (25 mm) para eliminar el óxido, escoria y cascarilla que se encuentre en el material a soldar. La limpieza puede ser mecánica o química. La mecánica se puede hacer esmerilando, limpiando con un cepillo de acero inoxidable, raspando, mecanizando o limando. La química se puede hacer utilizando ácidos, alcalinos, disolventes o detergentes. Se debe realizar hasta que el metal quede brillante.

CARACTERISTICAS ELECTRICAS:

La corriente debe ser corriente continua de electrodo conectado al polo positivo (DCEP). El metal base debe estar conectado al polo positivo de la línea.

ESPECIFICACIONES DEL RANGO OPERATIVO:

ESPECIFICACIONES DEL METAL BASE		FLUJO DE GAS	TAMAÑO DE LA BOQUILLA	AMPERAJE MIN/MAX
		CAUDAL		DCEP
Espesor	Electrodo ϕ	l/min		
1.6 mm	2.4mm	8-10	3/8 a 5/8 (10 a 16)	60

CALENTAMIENTO PREVIO:

Los tubos a soldar en este caso no son sometidos a temperaturas debido a su mínimo espesor (1.6 mm), aunque lo recomendable es calentar a una temperatura mínima de 10 °C para empezar el proceso de soldadura en metales base de más de 6 mm de espesor.

GAS DE RESPALDO:

No aplicable.

SEGURIDAD:

Se debe utilizar ropa y equipos de protección adecuados. El área debe de estar libre de todo riesgo que puede afectar al soldador u operario de la maquina o a otros en la zona de trabajo. La máquina soldadora TIG, los cables de soldadura, el porta-electrodos y los demás equipos deben estar en condiciones seguras de trabajo.

Se debe tomar en cuenta todos los aspectos citados en el manual de usuario para garantizar el funcionamiento del sistema de soldadura y evitar cualquier incidente o accidente durante y después del proceso de soldadura.

TECNICA DE SOLDADURA:

Soldadura a tope o ranura cuadrada, en primera instancia se debe centrar el casquillo en el eje de soporte radial y axialmente, la torcha toca el metal base y se levanta a una distancia de 3 mm activando la protección del gas para iniciar el arco y se gira el casquillo a una velocidad de 1.26 rpm de modo que se forme el baño de fusión continuo durante todo el proceso de soldadura, a medida que avanza el proceso se puede variar la velocidad de acuerdo a las necesidades para mantener un cordón de soldadura uniforme, al final de la soldadura se

aumenta la velocidad de giro para que el baño de fusión de la soldadura se pueda cerrar y no dejar grietas, ni sobre-soldadura.

LIMPIEZA:

Después de la soldadura se requiere una limpieza adicional, para obtener un producto terminado.

INSPECCION:

Inspeccionar la soldadura visualmente para comprobar la uniformidad y las discontinuidades. No deben existir grietas, fusión incompleta, ni superposición.

REPARACION:

No se permite la reparación de los defectos, estos deben ser realizados manualmente.

4.8. ANÁLISIS DE COSTOS.

4.8.1. COSTOS DEL PROYECTO

Tomando en cuenta que con la implementación del sistema y el desempeño del mismo se mejoró la calidad y cantidad de producción en la empresa es por esto que los costos del proyecto serán recuperados a largo plazo como se especificara a continuación.

4.8.1.1. Costos directos

Son aquellos gastos relacionados con los materiales, la mano de obra y la fabricación del sistema y de algún tipo de proceso de manufactura.

A continuación se detallan todos los costos necesarios para la implementación del sistema. Costos para la fabricación de la estructura mecánica del sistema se muestran en la tabla.

Tabla 23 Costos de construcción de la estructura mecánica.

Construcción de la estructura mecánica.			
Cantidad	Detalle	Costo/unit	Subtotal
1	Perfil de hierro 1 ¼" x 3"	10	10
1	Perfil de hierro 1" x 2"	8	8
1	Riel hierro 1" x 5"	12	12
2	Platina ¼" 5x10 cm	5	10
1	Platina 1/8" 40x50 cm	5	5
1	Lamina de acero N° 16x2 mm	40	40
1	Disco de corte 7" / 2 mm	7	7
1	Disco de pulir	9	9
5	Libras de electrodos 6011 AGA 1/8	2.5	12.5
1	Masilla automotriz	15	15
1	Chumacera de pared ½"	7	7
2	Rodamientos de 7 mm	3.5	7
1	Tornillo de presión (husillo) Grado 8	5	5
1	Varilla lisa ½"	6	6
1	Eje de transmisión 1040	25	25
1	Doblado de lamina	5	5
1	Elementos de ferretería	20	20
1	Mano de obra	200	200
Total			403.5

Fuente: Autor.

En la siguiente tabla se especifica los costos de algunos dispositivos accesorios para la implementación del sistema de control.

Tabla 24 Costos de implementación del Sistema de Control

Sistemas de control			
Cantidad	Detalle	Costo/unit	Subtotal
1	PLC+HMI Xinje XP318RT	600	600
1	Fuente Siemens 24V 2.5A	124	124
1	Fuente genérica 24V 10A	140	140
2	Drives motor paso a paso	175	350
2	Motores paso a paso	125	250
1	Breaker 2Px10A	16	16

1	Contactador Siemens Siruis 2A	35	35
4	Fusibles y porta fusibles	6.8	27.2
1	Pulsador doble Camsco	6.5	6.5
3	Bornera Camsco	4.5	13.5
1	Cable de poder	3.5	3.5
2	Rodamientos de 7 mm	3.5	7
1	Gabinete metálico 40x40x20	40	40
1	Riel DIN 35 mm	4	4
10	Espaguete 3/8	1.7	17
1	Amarra 10 cm	1.5	1.5
50	Cable flexible #18	0.30	15
10	Cable flexible #12	0.60	6
1	Canaleta ranurada	7	7
1	Terminal U	7	7
2	Finales de carrera Camsco	18	36
2	Micro SW	4	8
1	Pulsador Camsco retenido	8	8
3	Luces piloto	3.5	10.5
		Total	1732.7

Fuente: Autor.

En la siguiente tabla se especifican los costos de la máquina de soldadura TIG.

Tabla 25 Costos de la máquina de soldadura TIG

Soldadora TIG			
Cantidad	Detalle	Costo/unit	Subtotal
1	Soldadora TIG Kiakougar	600	600
1	Torcha TIG	150	150
1	Tanque de Gas Argón	1000	1000
1	Manorreductor	200	200
		Total	1950

Fuente: Autor.

Total de costos directos del sistema de soldadura TIG se indican en la tabla.

Tabla 26 Costos directos totales

Cantidad	Detalle	Total
1	Estructura mecánica	403.5
1	Sistema de control	1732.7
1	Soldadora TIG	1950
TOTAL COSTOS DIRECTOS		4086.2

Fuente: Autor.

4.8.1.2. Costos indirectos

Son gastos que no se identifican directamente y no afectan al proceso productivo por lo que no se los puede agregar a un solo proceso es decir son criterios generales de gastos.

Tabla 27 Costos totales indirectos

Costos indirectos			
Cantidad	Detalle	Costo/unit	Subtotal
6 meses	Internet	23	138
1	Suministros de oficina	150	150
6 meses	Transporte	100	600
900 pág.	Impresiones	50	50
1	Gastos varios	50	50
TOTAL COSTOS INDIRECTOS			988

Fuente: Autor.

4.8.1.3. Costos totales.

En la siguiente tabla se muestra los costos totales

Tabla 28 Costos totales

Detalle	Total
Total Costos Directos	4086.2
Total Costos Indirectos	988
Costo total	5074.2

Fuente: Autor.

4.8.2. COSTOS DE CONSUMO ELECTRICO DEL SISTEMA.

Los costos de consumo eléctrico vienen expresados en función de la potencia y la frecuencia con la que se los usa y viene expresado en kilowatios por hora (KW/h)

4.8.2.1. *Calculo de consumo de energía eléctrica del tablero de control.*

Consumo de corriente eléctrica del tablero es de 290 mA con una alimentación de 110 A

$$P = V * I$$

$$P = 110 V * 0.290A$$

$$P = 31.9W$$

$$P = 0.0319 KW$$

Tomando en cuenta que cada KW/h cuesta 0.08 USD.

$$\text{Costo} \frac{KW}{h} = 0.0319 KW * 0.08 USD$$

$$\text{Costo} = 0.002552 USD \text{ por hora.}$$

$$\text{Costo} = 0.25 \text{ ctv por hora..}$$

4.8.2.2. *Calculo de consumo de energía eléctrica de la máquina de soldadura.*

En este caso como la máquina de soldadura funciona con una tensión de 220 V AC y corriente máxima de 19.9 A entonces la fórmula para el cálculo de la potencia es:

$$P = \sqrt{3} * V * I * \cos\varphi$$

$$P = 1.732 * 220 V * 19.9 A * 0.9$$

$$P = 6.824 KW$$

$$\text{Costo} \frac{KW}{h} = 6.824 KW * 0.08 USD$$

$$\text{Costo} = 0.545 USD \text{ por hora.}$$

$$\text{Costo} = 54.5 \text{ ctvs por hora.}$$

Cabe recalcar que este cálculo esta realizado con el consumo máximo de la máquina de soldadura, el consumo variara de acuerdo al uso que se le dé a la

maquina ya que esta dispone de un selector de amperaje y de acuerdo a la corriente de consumo varia.

Otro factor que influye es el ciclo de trabajo de la maquina ya que si se emplea un amperaje mayor a 120 A el ciclo de la maquina es del 60% es decir de cada 10 minutos de trabajo 6 min suelda y 4 min descansa.

4.8.2.3. *Calculo de consumo eléctrico total del sistema.*

Consumo total de energía eléctrica del sistema por hora

Tabla 29 Consumo de energía eléctrica del sistema

Detalle	Total/hora.
Tablero de control	0.25
Máquina de soldadura	0.545
Total USD	0.795

Fuente: Autor.

Este consumo es si el sistema funciona toda la hora completa, este costo variara de acuerdo al tiempo que funcione dependiendo de los aspectos analizados anteriormente.

4.9. ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO

Con la finalidad de justificar la implementación del sistema semiautomático en la Empresa "Macro Equipos", es necesario considerar algunas características de la demanda y suministro de casquillos de acero inoxidable, tomando en cuenta sus respectivos costos de operación y manufactura. El diseño del sistema está encaminado a satisfacer la demanda de la empresa a corto y largo plazo. Con la creación del sistema se obtendrá un producto confiable y garantizado en igualdad de condiciones con los productos exportados, tomando en cuenta que el sistema es semiautomático y no requiere de personal calificado en soldadura para manejarlo y en el caso de tener un proceso manual se requiere de personal calificado para realizar este tipo de procesos, teniendo estas consideraciones se

puede hacer una comparación económica que beneficie a la empresa con la implementación del sistema.

Después de haber realizado un análisis de costos del sistema es necesario hacer un análisis de costo-beneficio económico.

4.9.1. ANÁLISIS DE COSTOS DE IMPORTACIÓN DEL PRODUCTO.

Cabe recalcar que actualmente la empresa está importando los productos, y debido a la gran acogida que tiene a nivel nacional y su crecimiento continuo esta se ve en la necesidad de fabricar sus propios productos.

Este análisis esta realizado con un promedio de ventas que puede variar mensualmente.

Tabla 30 Costo de importación del casquillo.

Cantidad	Detalle	Valor unit.	Total
52	Casquillos de acero inoxidable	14.9	774.8
Total			774.8

Fuente: Autor.

Costos de distribución y venta

Tabla 31 Distribución y venta.

Cantidad	Detalle	Valor unit.	Total
52	Casquillos de acero inoxidable	40.7	2116.4
52	Publicidad y distribución	24.3	1263.6
Total			3380

Fuente: Autor.

Utilidad de ventas

Tenemos un costo de \$ 65 cada casquillo es decir tenemos un ingreso de \$ 3380 mensuales.

Hay que especificar que por lo general la distribución se la realiza en grupos de 4 casquillos debido a que cada grupo de ordeño mecánico tiene 4 pezoneras y cuatro casquillos, para sacar la utilidad neta entonces restaríamos los gastos de distribución por grupo de ordeño que oscila entre \$ 30, es decir si tenemos un promedio de ventas de 52 casquillos tendríamos 13 grupos de ordeño es decir \$ 390.

La utilidad neta sería el ingreso total de las ventas \$ 3380 menos los gastos de distribución \$ 390 y de la importación del mismo \$ 774.8.

Tabla 32 Utilidad o ganancias

Cantidad	Detalle	Total
52	Casquillos de acero inoxidable	2215.2

Fuente: Autor.

Las ganancias mensuales promedio de la venta de casquillos es de \$ 2215,2 este valor varía dependiendo de las ventas mensuales puede aumentar o disminuir según la demanda del mercado nacional.

4.9.2. ANÁLISIS DE COSTOS DE PRODUCCIÓN DEL CASQUILLO.

Para la producción del casquillo hay que tomar algunas consideraciones como la materia prima, las herramientas y materiales que se necesitan para la obtención del tubo a soldar y también del trabajo de posproducción, para la obtención del producto terminado.

En la tabla se detalla la materia prima para la fabricación del casquillo.

Tabla 33 Materia prima diaria

Cantidad	Detalle	Valor/ unit	Subtotal
1	Tubo de acero inoxidable 44.5x2.4x6000 mm	25	25
1	Tubo de acero inoxidable 7x2.4x6000 mm	12	12
Total			37

Fuente: Autor.

Si el precio del tubo es de \$ 25 y de cada uno obtenemos un promedio de 38 casquillos tenemos que para cada casquillo un costo de 65 ctvs, aquí se debe incluir el costo de troquelado que oscila entre \$ 2.5 cada una, el tubo pequeño tiene un precio de 5 ctvs. El costo de materia prima será de \$ 3.2 cada casquillo.

Materiales y herramientas.

A continuación se detallan los materiales y herramientas necesarias para la preproducción mensual con sus costos en la tabla.

Tabla 34 Materiales y herramientas de preproducción.

Cantidad	Detalle	Valor/ unit.	Subtotal
2	Disco de corte 4"x0.45"x5/8"	7	14
2	Disco de pulir 7"x0.55"x7/8"	8	16
2	Cepillo acero inoxidable	6	12
1	Acido	25	25
Total			67

Fuente: Autor.

Si tenemos \$ 67 mensuales en costos de materiales y herramientas, diario seria 3.35 y en 38 unidades diarias seria de 9 ctvs por casquillo.

Costos para la elaboración diaria de casquillos.

Costos para la elaboración diaria de casquillos de acero inoxidable. Aquí incluimos el pago diario del operador tomando en cuenta que gana el salario básico unificado, el consumo eléctrico calculado anteriormente, este de igual forma será variable dependiendo, del tiempo que el operador emplee al preparar la materia prima, las herramientas y las coloque en la máquina.

Los costos de manufactura para dar un buen acabado superficial al casquillo en el torno, que son los de posproducción se incluyen en los costos de elaboración.

Tabla 35 Costo de elaboración de casquillos.

Cantidad	Detalle	Valor/unit.	Subtotal
1	Operario	17	17
4 h	Consumo eléctrico del sistema	0.795	3.18
38 u	Posproducción	2	76
Total			96.18

Fuente: Autor.

El costo de elaboración de cada casquillo es de 2.53.

Costos de funcionamiento del sistema de soldadura.

El mantenimiento recomendado del equipo se lo realizara cada 6 meses, en caso de presentarse otro inconveniente no previsto se lo hará antes.

El promedio de uso de electrodos de tungsteno será de 10 unidades mensuales utilizando un promedio de un electrodo cada dos días con trabajo constante, tomando en cuenta que se soldara la tapa con el sistema de soldadura y el tubo pequeño del casquillo se lo hará manualmente.

La bombona de gas argón cuesta \$250 almacenando 9000 litros de gas, el uso para soldar está en un promedio de 8 l/min en tiempo en que la maquina suelda un casquillo es aproximadamente 40 s es decir que con 8 litros de gas se suelda 1.5 casquillos, obteniendo un costo de 3 ctvs por litro, podemos concluir que para cada casquillo el costo del gas será de 5.3 ctvs, de igual manera para el tubo pequeño se demora un tiempo de 15 s, este también es variable, el costo del gas para el tubo será de 6 ctvs, en conclusión para cada casquillo el costo del gas será de aproximadamente 11.3 ctvs.

Como la producción diaria será alrededor de 38 unidades promedio.

Tabla 36 Costos de soldadura

Cantidad	Detalle	Valor unit.	Total
1	Mantenimiento	30	30
10	Electrodos	2.53	25.3
202	Gas Argón	0.113	22.8
Total			78.1

Fuente: Autor.

El costo diario de producción será de 78.1 para 20 días \$ 3.9 y por casquillo será de 10 ctv.

En conclusión el costo de producción del casquillo será.

Tabla 37 Costo de producción por casquillo.

Detalle	Total
Soldadura	0.10
Elaboración	2.53
Materiales y herramientas	0.9
Materia prima	3.2
Total	6.73

Fuente: Autor.

Utilidad de producción

Tabla 38 Utilidad neta.

Concepto	Total
Costos importación	14.9
Costo de producción	6.73
Ganancia	8.17

Fuente: Autor.

La ganancia mensual tomando él cuenta el promedio ventas de 52 unidades será de \$ 424.8 más la utilidad de la venta de \$ 2215,2 teniendo \$ 2640.

4.9.3. PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN.

Se especificara el tiempo en el cual la empresa recuperara todos los costos de la implementación de la máquina.

Si la inversión de todo el sistema es de \$ 5074.2 el cual esta detallado en el análisis de costos del sistema y la ganancia mensual es de un promedio de \$ 2640 por lo tanto se recuperara en un tiempo estimado de 58 días.

5. CONCLUSIONES

- Mediante la implementación del sistema de soldadura TIG se optimiza el proceso de soldado de casquillos de acero inoxidable, obteniendo cordones de soldadura uniformes, reduciendo el tiempo del proceso en aproximadamente unos 34 s. y aumentado la producción en un 48.5% de los casquillos, cumpliendo con la demanda que tiene la empresa.
- La automatización de procesos, para una producción en serie de casquillos, requiere de una inversión de \$ 5074.2 para la implementación del sistema que será recuperable en un tiempo estimado de 58 días, ya que se obtuvo una utilidad mensual de \$ 2640, debido a que se mejora el proceso y la cantidad de producción.
- El costo de importación del casquillo es de \$ 14.9 y el costo estimado de producción con la implementación del sistema es de \$ 6.73 por lo que se obtuvo una utilidad neta de \$ 8.17 por cada casquillo producido obteniendo una ganancia del 54.8%.
- El PLC+HMI se utilizó en el sistema de control por ser robusto y por las grandes prestaciones que brinda, ya que nos permite tener un control de los parámetros que intervienen en proceso de soldadura como el control de la velocidad de avance y la distancia entre el electrodo y el metal base obteniendo un cordón de soldadura uniforme.
- Se mejora notablemente el proceso ya que existe una coordinación constante entre la torcha y el casquillo a soldar manteniendo una distancia de 5 mm fija entre el electrodo y el metal base lo que es difícil conseguir con un proceso manual ya que la coordinación del soldador varía en cada proceso.

- Con la implementación del sistema se evita la exposición directa de los rayos ultravioleta del arco y de los diferentes accidentes a los que está expuesto el soldador al realizar un proceso manual.

6. RECOMENDACIONES

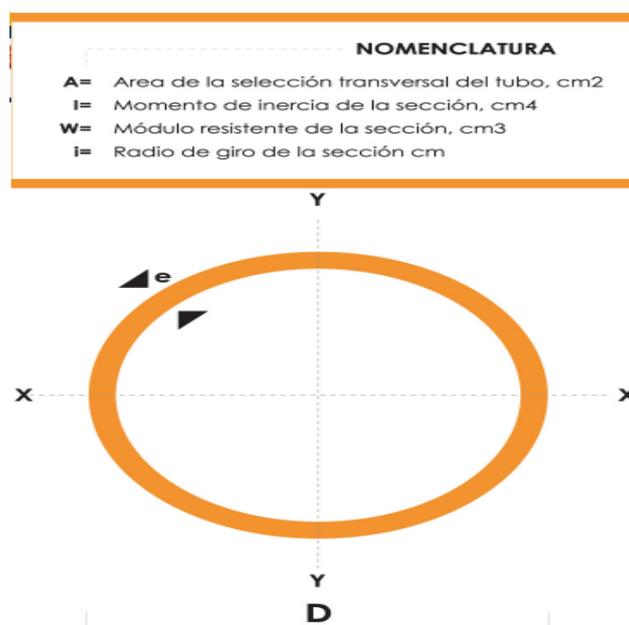
- El usuario de la máquina debe leer detenidamente el manual usuario antes de usarlo y recibir la capacitación correspondiente para un manejo adecuado y correcto.
- Al inicio de cada proceso siempre se recomienda verificar que todos los parámetros configurables en la maquina estén seteados correctamente.
- Es recomendable implementar estos tipos de sistemas en procesos de soldadura en serie debido a que el soldador no puede mantener la coordinación ojo-mano constante para controlar las variables del proceso como la velocidad de avance, distancia de la tocha y posición y control de gas.
- Realizar el mantenimiento periódico recomendado cada 6 meses y verificación del estado de dispositivos mecánicos y electrónicos para proveer su recambio cuando sea necesario siempre verificando su accesibilidad en el mercado para evitar paros innecesarios de la máquina a largo plazo.
- Siempre antes de comenzar a trabajar con la maquina verificar que este calibrada para garantizar un proceso correcto.
- En caso de cambio de operario de la maquina se lo debe capacitar respectivamente y el mismo debe realizar revisión del manual de usuario con detenimiento para un manejo correcto de la misma.
- Antes de proceder al soldeo del casquillo preparar debidamente el puesto de trabajo para evitar accidentes y garantizar un soldeo adecuado de las piezas.

7. ANEXOS

7.2. TUBO DE ACERO INOXIDABLE



NORMA	AISI 304
LARGO NORMAL	6.00m
OTROS LARGOS	PREVIA CONSULTA
DIMENSIONES	DESDE 5/8" HASTA 2-7/8"
ESPESOR	DESDE 0.80mm HASTA 2.00mm



DIÁMETRO EXTERIOR (D)		ESPESOR		PESO		PROPIEDADES	
Pulg	mm	e mm	P kg/m	A cm	I cm ⁴	W cm ³	I cm
5/8	15.90	0.60	1.44	0.29	0.08	0.11	0.54
		0.75	1.86	0.36	0.10	0.13	0.53
		0.95	2.28	0.44	0.12	0.15	0.51
		1.10	2.64	0.51	0.14	0.18	0.52
		1.50	3.54	0.68	0.18	0.22	0.51
3/4	19.05	0.60	1.74	0.35	0.15	0.16	0.65
		0.75	2.16	0.43	0.19	0.19	0.65
		0.95	2.70	0.54	0.22	0.23	0.64
		1.10	3.18	0.62	0.25	0.26	0.63
		1.50	4.20	0.83	0.32	0.34	0.62
7/8	22.22	0.60	2.04	0.41	0.24	0.21	0.76
		0.75	2.52	0.50	0.29	0.26	0.76
		0.95	3.18	0.63	0.36	0.32	0.75
		1.10	3.66	0.73	0.41	0.37	0.75
		1.50	4.92	0.98	0.53	0.47	0.74
1	25.40	0.60	2.28	0.47	0.36	0.28	0.88
		0.75	2.88	0.58	0.44	0.35	0.87
		0.95	3.60	0.73	0.55	0.43	0.87
		1.10	4.20	0.84	0.62	0.49	0.86
		1.50	5.64	1.13	0.81	0.64	0.85
1 1/4	31.75	0.95	4.50	0.92	1.09	0.69	1.18
		1.10	5.22	1.06	1.24	0.78	1.08
		1.50	7.08	1.43	1.63	1.03	1.07
1 1/2	38.10	0.95	5.40	1.11	1.91	1.00	1.31
		1.10	6.24	1.28	2.19	1.15	1.31
		1.50	8.46	1.72	2.89	1.52	1.30
1 3/4	44.45	0.95	6.24	1.30	3.07	1.38	1.54
		1.10	7.26	1.50	3.52	0.16	1.53
		1.50	9.84	2.02	4.67	2.10	1.52
1 7/8	47.63	0.95	6.78	1.40	3.80	1.60	1.65
		1.10	7.80	1.61	4.35	1.83	1.64
		1.50	10.26	2.17	5.79	2.43	1.63
2	50.80	0.95	7.20	1.49	4.62	1.82	1.76
		1.10	8.34	1.72	5.30	2.09	1.76
		1.50	10.80	2.32	7.06	2.78	1.74
2 3/8	60.33	1.50	13.20	2.77	12.00	3.98	2.08
2 1/2	63.50	1.50	14.04	2.92	14.05	4.42	2.19

7.3. ESPECIFICACIONES DEL PLC+HMI XINJE

7.3.1. ESPECIFICACIONES GENERALES.

Item		Specs	Specs
Electric	Power supply voltage	DC12V~DC24V	
	Power	Less than 10W (TYP2.0W)	
	Power cut moment permit	Less than 20ms	
	Endurable voltage	AC1000V/10MA for 1minute (between signal and ground)	
	Insulated impedance	About 10M Ω , DC500V (between signal and ground)	
Surrounding	Operating temperature	0~50°C	
	Storage temperature	-10~60°C	
	Environment temperature	20~85% (No dew)	
	Endurable Quiver	10~25Hz (X, Y, Z direction for 30 minutes)	
	Anti-jamming	Voltage Noise: 1000Vp-p	
	Air	No causticity gas	
	Protection	According to IP20	
Configuration	Cooling mode	Natural wind	
	Dimension	172.0*121.0*56.5	
	Panel open aperture dimension	164.0*113.0	
Port	Download port	RS-232	
	Com port	RS-485	

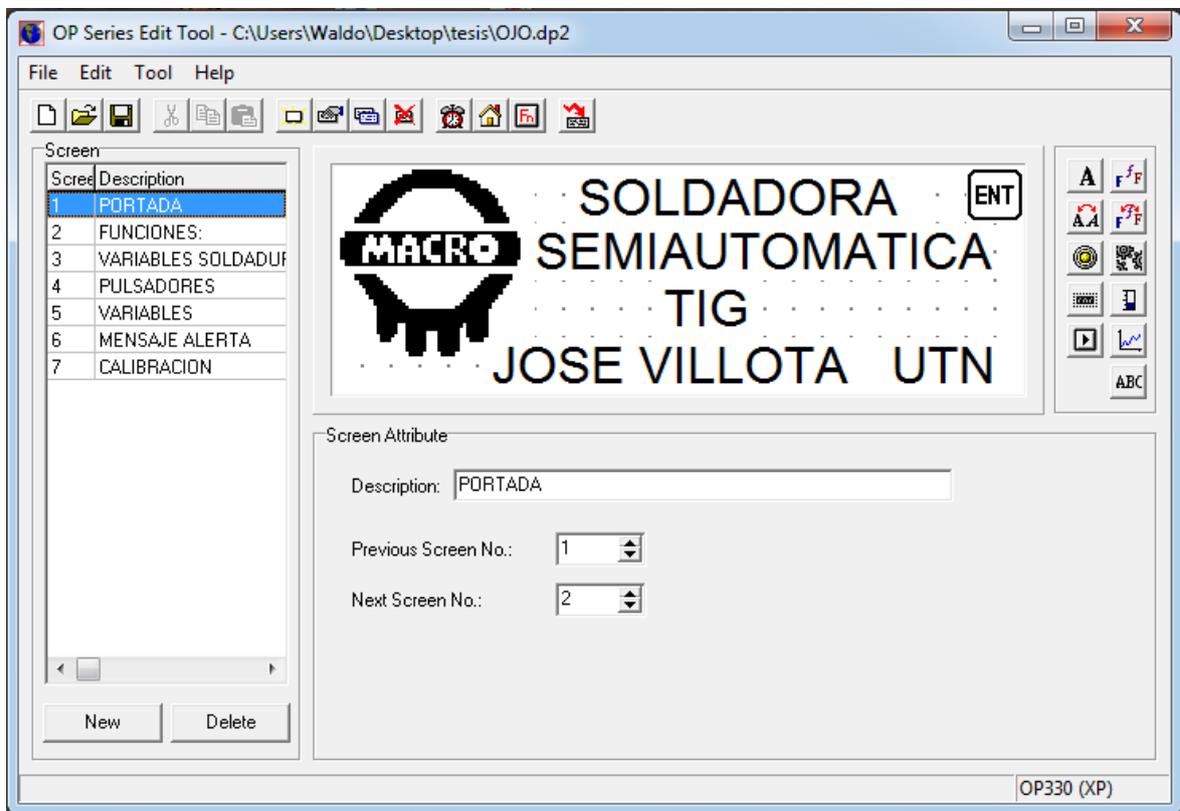
7.3.2. ESPECIFICACIONES DEL HMI.

		XP series	XMP series
	Type	Kelly LCD	
	Screen dimension	3.7 inch	
	Useful life	Over 20000 hours, 25°C, 24hours operating	
	Display area	192*64	
	Contrast	Regulation resistance available	
	Character setting	Chinese, English	
	Character size	Lattice font, vector font	
	Touch mode	Touch unable	Matrix or resistance touch mode
Register	Picture	64KB FlashROM	
	Data	4KB SRAM	

7.3.2.1. Funciones del HMI.

Key-press	Function
	Whatever the mode of the display is in, it will return to original system screen once you press the key (the defaulted screen is No.1). Generally, set The original system screen to be main menu or most used screen.
	Turn the screen to the last page
	Turn the screen to the next page
	Press the key to modify the register value. The register which is being modified will display in reverse color and the bit will twinkle. If there is no register component in the screen it will do vacancy operation once. Before pressing [ENT] key, press [SET] key again to cancel the setting and Continue modifying the next data register.
	To write the modified value in the register and continue modifying next register. After the last register in the screen has been modified, it will quit The setting.
	Alarming list key. After setting the function of alarming list, press this key To jump to the alarming list screen.
	Clear the selected area when modifying the register data.
	Set the positive or negative of the data when modifying the register data.
	Number key 0-9, press the key to set the number you want
	Function key F1-F8

7.3.2.2. Software de programación para el HMI OP Series Edit Tool.



7.3.3. ESPECIFICACIONES DEL PLC.

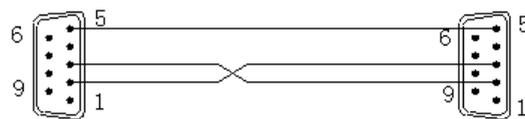
Item		Specs	Specs
Electric	Power supply voltage	DC12V~DC24V	
	Power	Less than 10W (TYP2.0W)	
	Power cut moment permit	Less than 20ms	
	Endurable voltage	AC1000V/10MA for 1minute (between signal and ground)	
	Insulated impedance	About 10M Ω , DC500V (between signal and ground)	
Surrounding	Operating temperature	0~50°C	
	Storage temperature	-10~60°C	
	Environment temperature	20~85% (No dew)	
	Endurable quiver	10~25Hz (X, Y, Z direction for 30 minutes)	
	Anti-jamming	Voltage Noise: 1000Vp-p	
	Air	No causticity gas	
	Protection	According to IP20	
Configuration	Cooling mode	Natural wind	
	Dimension	172.0*121.0*56.5	
	Panel open aperture dimension	164.0*113.0	
Port	Download port	RS-232	
	Com port	RS-485	

7.3.3.1. Puerto de programación.

Es un puerto común RS232 para la programación del PLC y del HMI

Pin	Function
Pin2	RXD
Pin3	TXD
Pin5	GND

Pines de conexión entre el PC y el puerto del PLC+HMI.



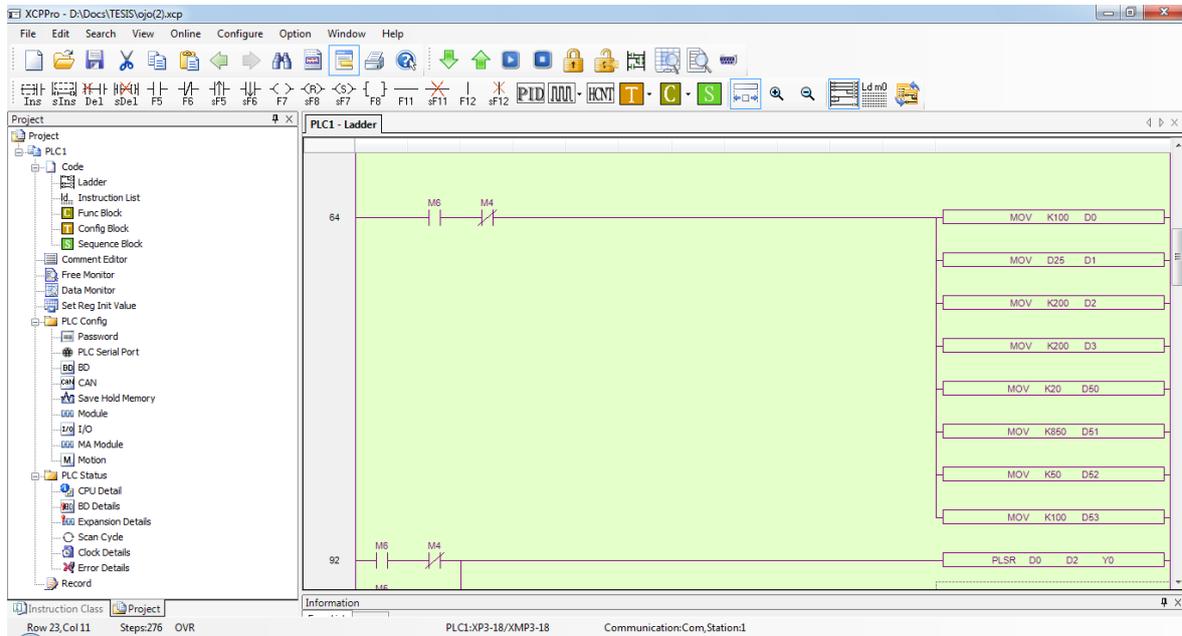
DB9 pins of PC

DB9 pins of the port

7.3.3.2. Distribución de ID.

Soft component	Name	Range		Point	
		XP2/XMP2	XP3/XMP3	XP2/XMP2	XP3/XMP3
X	Input	X000~X011(octal)		10	
Y	Output	Y000~Y007(octal)		8	
M	Auxiliary relay	M0~ M2999 【M3000~M7999】		8000	
		M8000~M8511		512	
S	Status	S0~ S511 【S512~M1023】		1024	
T	Timer	T0~T99: 100ms not accumulation		640	
		T100~T199: 100ms accumulation			
		T200~T299: 10ms not accumulation			
		T300~T399: 10ms accumulation			
		T400~T499: 1ms not accumulation			
		T500~T599: 1ms accumulation			
		T600~T618: 1ms with interruption precise time			
		T620~T639: vacant			
C	Counter	C0~C299: 16 bits forth counter		640	
		C300~C318: 32 bits forth/back counter 【C320~C598】: 32 bits forth/back counter			
		【C600~C618】: one phase high speed counter			
		【C620~C628】: Pulse + direction high speed counter			
		【C630~C638】: AB phase high speed counter			
D	Data register	D0~D999 【D4000~D4999】	D0~ D3999 【D4000~D7999】	2000	8000
		For special using D8000~D8511	For special using D8000~D9023	512	1024
FD	FlashROM register	FD0~FD255	FD0~FD1535	256	1536
		For special using FD8000~FD8255	For special using FD8000~FD8511	256	512
ED	Extend data register	NO	【ED0~ED16383】	0	16384

7.3.3.3. Software de programación del PLC XCPPro.



7.4. ESPECIFICACIONES DEL DRIVER WANTAI DQ542MA.

7.4.1. RESOLUCIÓN DE PASOS POR REVOLUCIÓN.

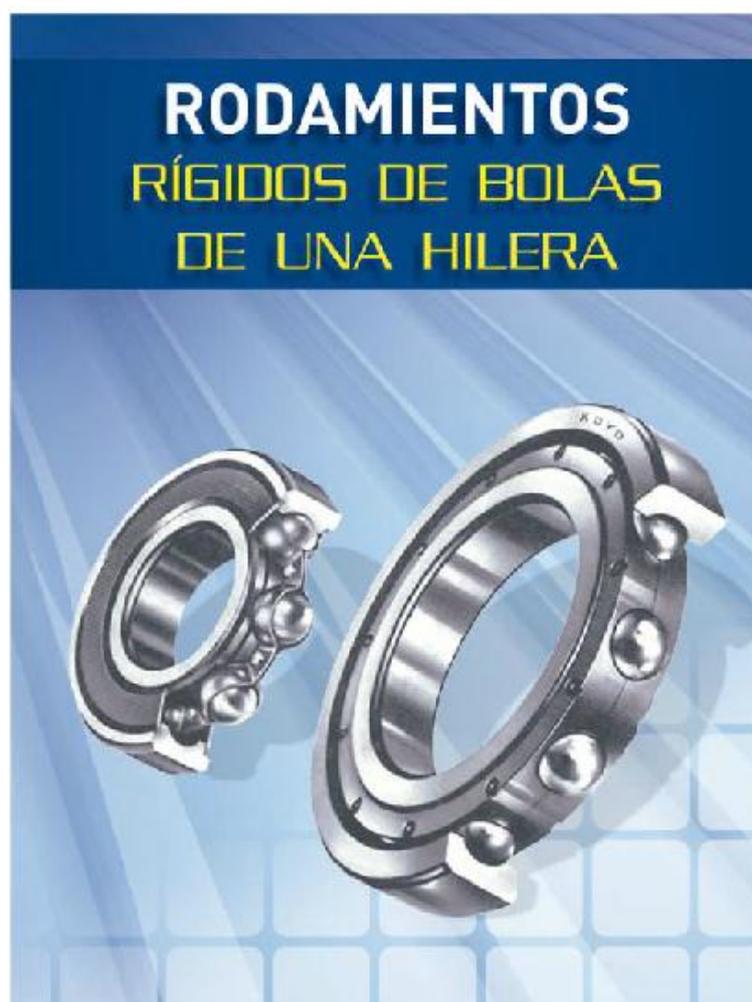
SW5	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF
SW6	ON	OFF	OFF	ON	ON	OFF	OFF	ON	ON	OFF	OFF	ON	ON	OFF	OFF
SW7	ON	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF
sw8	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
PULSE /REV	400	800	1600	3200	6400	12800	25600	1000	2000	4000	5000	8000	10000	20000	25000

7.4.2. SALIDA DE CORRIENTE (A).

Output current (A)				
SW1	SW2	SW3	PEAK	RMS
ON	ON	ON	1.00	0.71
OFF	ON	ON	1.46	1.04
ON	OFF	ON	1.91	1.36
OFF	OFF	ON	2.37	1.69
ON	ON	OFF	2.84	2.03
OFF	ON	OFF	3.31	2.36
ON	OFF	OFF	3.76	2.69
OFF	OFF	OFF	4.20	3.00

7.5. RODAMIENTOS KOYO (2RD1DM3).

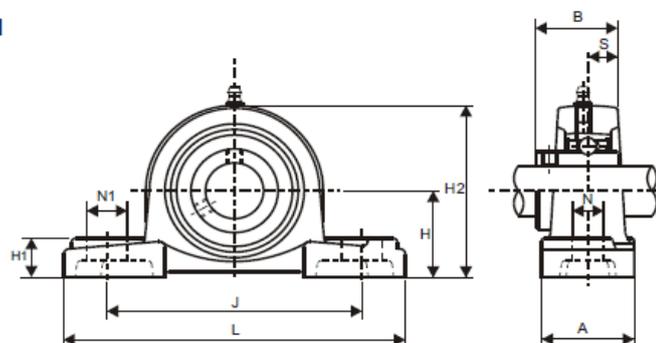
Rodamientos rígidos de bolas de 1 hil.-serie métrica/norma ISO-, con designaciones especiales para diversas aplicaciones: ruedas, cajas de cambios, alternadores, etc.										
Designación	Número de parte (O.E.M)	Fabricante	Aplicación	Dimensiones principales (unidad: mm)					Observación	
				d	D	T ancho total	Bi ancho a.i.	Be ancho a.e.		
607	-2RD1DM3	N/D	TOYOTA SUPRA	Motor reg./aire de adm.	7.00	19.00	6.00	6.00	6.00	Declinado
609	-2RD1DM3	N/D	TOYOTA SUPRA	Motor reg./aire de adm.	9.00	24.00	7.00	7.00	7.00	Declinado
6000	YA12RSC3	N/D	FORD-Contour	Col.dirección (Piñón-inf)	10.00	26.00	8.00	8.00	8.00	Declinado
60/28	RS1NR	5-09800-045	ISUZU	Rueda	28.00	52.00	12.00	12.00	12.00	Sello tipo RS1 de 1 lado+ranura y anillo elástico en a.e.
6002	/1B2RDDCS11	N/D	NIPPON DENSO	Alternador	15.00	32.00	11.00	11.00	11.00	Ancho no estándar, sello RD acrílico,Jgo int.esp.



7.6. CHUMACERA (UCP 204).

SOPORTE DE FUNDICION
RODAMIENTO DE ACERO

Tipo UCP 200



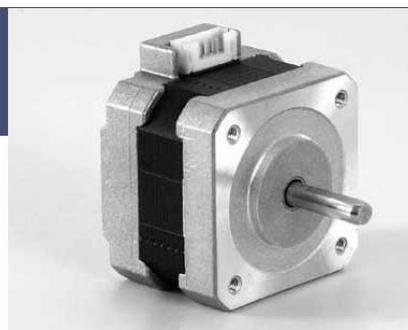
Ø eje mm.	Referencia	Dimensiones mm.										Tornillo mm	Rodamiento Ref.	Soporte Ref.	Peso Kg.
		H	L	J	A	N	N1	H1	H2	B	S				
12	UCP 201	30.2	127	95	38	13	19	15	62	31	12.7	M10	UC 201	P 203	0.65
15	UCP 202	30.2	127	95	38	13	19	15	62	31	12.7	M10	UC 202	P 203	0.63
17	UCP 203	30.2	127	95	38	13	19	15	62	31	12.7	M10	UC 203	P 203	0.62
20	UCP 204	33.3	127	95	38	13	19	15	65	31	12.7	M10	UC 204	P 204	0.65
25	UCP 205	36.5	140	105	38	13	16	16	70	34	14.3	M10	UC 205	P 205	0.79
30	UCP 206	42.9	165	121	48	17	21	18	83	38.1	15.9	M14	UC 206	P 206	1.3
35	UCP 207	47.6	167	127	48	17	21	19	94	42.9	17.5	M14	UC 207	P 207	1.6
40	UCP 208	49.2	184	137	54	17	25	19	100	49.2	1.9	M14	UC 208	P 208	1.9
45	UCP 209	54	190	146	54	17	22	20	108	49.2	1.9	M14	UC 209	P 209	2.2
50	UCP 210	57.2	206	159	60	20	25	22	114	51.6	1.9	M16	UC 210	P 210	2.6
55	UCP 211	63.5	219	171	60	20	25	22	126	55.6	22.2	M16	UC 211	P 211	3.3
60	UCP 212	69.8	241	184	70	20	25	25	138	65.1	25.4	M16	UC 212	P 212	4.7
65	UCP 213	76.2	265	203	70	25	29	27	150	65.1	25.4	M20	UC 213	P 213	5.6
70	UCP 214	79.4	266	210	72	25	31	27	156	74.6	30.2	M20	UC 214	P 214	7.3
75	UCP 215	82.6	275	217	74	25	31	28	163	77.8	33.3	M20	UC 215	P 215	7.9
80	UCP 216	88.9	292	232	78	25	31	30	175	82.6	33.3	M20	UC 216	P 216	10.0
85	UCP 217	95.2	310	247	83	25	31	32	187	85.7	34.1	M20	UC 217	P 217	12.2
90	UCP 218	101.6	327	262	88	27	33	34	200	96	39.7	M22	UC 218	P 218	14.7

7.7. MOTORES PASO A PASO (SST43D212).

2 Phase Hybrid Stepping Motor

45D SERIES
42mm (NEMA17)

High Holding Torque Model



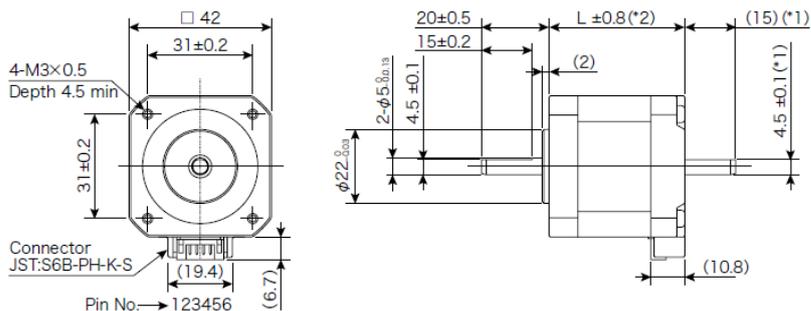
1.8°

Unipolar

SPECIFICATIONS

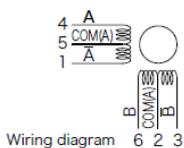
MODEL	STEP ANGLE	VOLTAGE	CURRENT	RESISTANCE	INDUCTANCE	HOLDING TORQUE	ROTOR INERTIA	NUMBER OF PINS	MASS	LENGTH
	deg.	V	A/ø	Ω/ø	mH/ø	mN-m	g-cm ²	Pin	g	mm
SST43D104X	1.8	6.8	0.57	12.00	16.0	294	33	4	230	34
SST43D106X	1.8	4.9	0.85	5.75	8.1	304	33	4	230	34
SST43D108X	1.8	3.6	1.13	3.20	4.9	312	33	4	230	34
SST43D110X	1.8	3.0	1.41	2.10	3.3	319	33	4	230	34
SST43D112X	1.8	2.3	1.70	1.35	2.3	322	33	4	230	34
SST43D115X	1.8	1.9	2.12	0.90	1.5	309	33	4	230	34
SST43D204X	1.8	8.6	0.57	15.00	24.0	420	56	4	290	40
SST43D206X	1.8	5.1	0.85	6.00	11.8	432	56	4	290	40
SST43D208X	1.8	3.9	1.13	3.45	7.1	422	56	4	290	40
SST43D210X	1.8	3.4	1.41	2.40	4.8	441	56	4	290	40
SST43D212X	1.8	2.8	1.70	1.65	3.6	456	56	4	290	40
SST43D214X	1.8	2.3	1.98	1.15	2.5	441	56	4	290	40
SST43D216X	1.8	2.1	2.26	0.95	1.8	424	56	4	290	40

DIMENSIONS



Mating connector	
Housing	JST:PHR-6
Contact	JST:SPH-002T-P0.5S

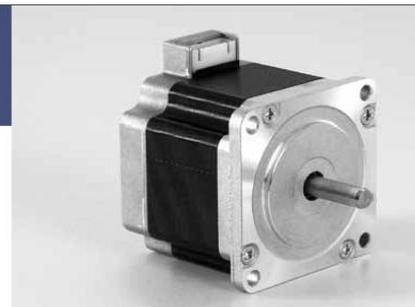
*1 Dimensions apply to double shaft models.
 *2 Available motor length 31mm~47.5mm
 *3 Bipolar winding is available.



SST59D330

2 Phase Hybrid Stepping Motor

59D SERIES
56mm (NEMA23)

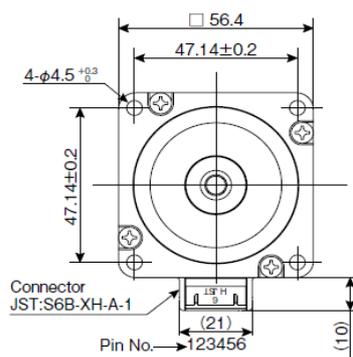


1.8° Unipolar

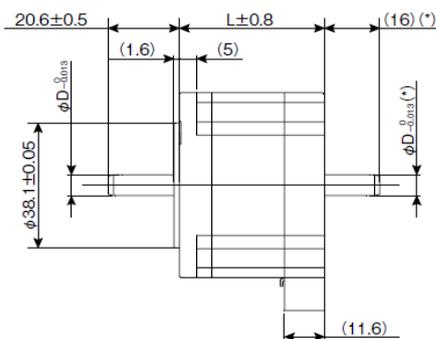
SPECIFICATIONS

MODEL	STEP ANGLE	VOLTAGE	CURRENT	RESISTANCE	INDUCTANCE	HOLDING TORQUE	ROTOR INERTIA	NUMBER OF PINS	MASS	LENGTH
	deg.	V	A/ø	Ω/ø	mH/ø	mN-m	g-cm ²	Pin	g	mm
SST59D110X	1.8	4.7	1.0	4.70	7.5	667	145	6	0.51	42
SST59D115X	1.8	3.2	1.5	2.10	3.4	667	145	6	0.51	42
SST59D120X	1.8	2.6	2.0	1.30	2.0	680	145	6	0.51	42
SST59D125X	1.8	2.1	2.5	0.85	1.3	692	145	6	0.51	42
SST59D130X	1.8	1.9	3.0	0.62	0.9	667	145	6	0.51	42
SST59D210X	1.8	5.5	1.0	5.50	9.2	925	210	6	0.62	48.5
SST59D215X	1.8	3.6	1.5	2.40	4.1	925	210	6	0.62	48.5
SST59D220X	1.8	2.8	2.0	1.40	2.4	936	210	6	0.62	48.5
SST59D225X	1.8	2.4	2.5	0.95	1.6	947	210	6	0.62	48.5
SST59D230X	1.8	2.0	3.0	0.67	1.1	925	210	6	0.62	48.5
SST59D310X	1.8	6.3	1.0	6.30	11.1	1088	245	6	0.71	54.5
SST59D315X	1.8	4.2	1.5	2.80	5.1	1088	245	6	0.71	54.5
SST59D320X	1.8	3.4	2.0	1.70	3.0	1106	245	6	0.71	54.5
SST59D325X	1.8	2.8	2.5	1.10	2.0	1126	245	6	0.71	54.5
SST59D330X	1.8	2.5	3.0	0.82	1.3	1088	245	6	0.71	54.5
SST59D510X	1.8	9.6	1.0	9.60	19	1847	470	6	1.11	77.5
SST59D515X	1.8	6.3	1.5	4.20	8.4	1847	470	6	1.11	77.5
SST59D520X	1.8	5.0	2.0	2.50	4.9	1876	470	6	1.11	77.5
SST59D525X	1.8	4.3	2.5	1.70	3.3	1906	470	6	1.11	77.5
SST59D530X	1.8	3.6	3.0	1.20	2.2	1847	470	6	1.11	77.5

DIMENSIONS

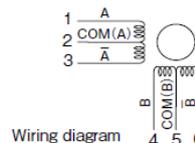


Mating connector	
Housing	JST:XHP-6
Contact	JST: SXH-001T-P0.6N



* Dimensions apply to double shaft models.

SHAFT Dia. (φD)	
MODEL	φD (mm)
SST59D1XXX	φ6.35
SST59D2XXX	φ6.35
SST59D3XXX	φ6.35
SST59D5XXX	φ8



7.8. MANUAL DE USUARIO

El sistema está diseñado específicamente para soldar los casquillos de acero inoxidable, por lo que en el manual de usuario se va especificar cómo manejar tanto el equipo de soldadura como el tablero de control.

En primera instancia se hará hincapié en algunos aspectos importantes que se deben de tomar en cuenta antes de empezar un proceso de soldadura.

Antes de encender el equipo el usuario es de vital importancia que use todos los elementos de protección y seguridad antes de empezar, luego de esto se va a verificar que todas las conexiones estén seguras, bien realizadas tanto de la alimentación del equipo, como también del cable de la torcha que va en el terminal positivo del equipo y del cable de masa que va en el terminal negativo ya que se va a soldar con una configuración DCEP, también hay que revisar la alimentación del gas sea la adecuada y sus conexiones de igual forma estén seguras tanto en el tanque como en el equipo de soldadura y ver que el espacio de trabajo esté limpio y en condiciones adecuadas para iniciar un trabajo de soldadura.

Una vez verificado que todo, se inicia con el procedimiento correspondiente para llevar a cabo el funcionamiento adecuado de todo el sistema.

En el tablero de control tenemos una luz piloto roja que indicara que el sistema está conectado o alimentado con corriente, si no está encendida verificar si el cable de alimentación está conectado o el breaker del tablero esta accionado.

Una vez conectado el tablero este tiene un pulsador doble para encender y apagar el mismo, al accionar se enciende una luz piloto azul juntamente con el HMI (pantalla) que indica que el sistema esta encendido.

En el controlador están configuradas siete pantallas que se visualizaran en el HMI y detallaremos su funcionamiento a continuación.

En la primera pantalla se visualizara una presentación del sistema que incluirá el logo de la empresa, el título del sistema, el autor e institución, para continuar presionamos la tecla  para pasar a la siguiente pantalla y la tecla  para regresar a la pantalla anterior o presionamos la tecla  y pasa a la pantalla de funciones.



En la segunda pantalla de funciones se visualiza las diferentes acciones que podemos escoger como se observa al presiona la tecla  ① pasamos a la pantalla de parámetros, al presionar la tecla  ② pasamos a la pantalla de funciones, al presionar la tecla  ③ pasamos a la pantalla de variables, por ultimo al presionar la tecla  ④ pasamos a la pantalla de calibración.



En la tercera pantalla se visualiza los parámetros que deben ser seteados en la máquina de soldar que serían la corriente y el caudal del gas, de igual forma verificar la posición (B) del electrodo distancia respecto a la boquilla y el diámetro (E) del mismo.



En la cuarta pantalla de funciones tenemos los pulsadores de inicio **F1** y de stop **F2** cada uno con su indicador de activación/desactivación. También cuenta con indicadores de activación/desactivación de FC1, FC2 y FC3, para los finales de carrera ubicados en el sistema de soldadura, FC1 es el final de carrera ubicado en el eje del casquillo que se activa únicamente al ingresar las piezas a soldar, FC2 y FC3 son finales de carrera ubicados en la careta que se activan cuando la careta ha sido colocada en su posición, cabe recalcar que mientras los tres finales de carrera no han sido activados el sistema de control no permite iniciar el proceso de soldadura, esto es para garantizar la seguridad del usuario y no este expuesto a accidentes causados por el proceso de soldadura.

El sistema también está configurado para detener el proceso en caso de que FC1, FC3 FC4 hayan sido desactivados, para evitar accidentes.

Si el sistema no va a ser calibrado presionamos la tecla **F8** para setear los parámetros iniciales configurados en el sistema por default e procedemos a iniciar el proceso.



En la quinta pantalla visualizamos algunas variables importantes en el proceso, tenemos un indicador para determinar que el eje se ha activado y en un registro visualizamos cuanto se desplaza, de no ser el caso contrario procedemos a parar el proceso presionando stop, al activarse el eje podemos observar cuantos grados gira el eje, un indicador de la activación/desactivación de la válvula solenoide de gas y por ultimo podemos visualizar la cantidad de casquillos soldados diarios, con la tecla  reiniciamos el contador.



En la sexta pantalla tenemos la función de calibración para el posicionamiento adecuado de la torcha, en esta nos muestra un mensaje de alerta muy importante que debe de ser tomado en cuenta antes de empezar a calibrar.

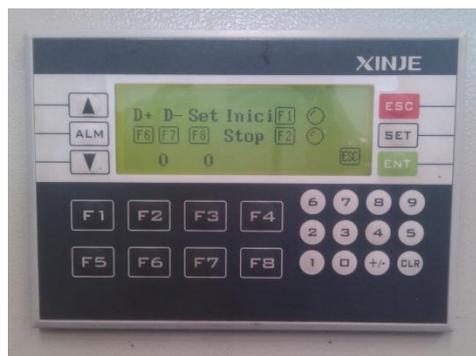
Para iniciar la calibración presionamos la tecla , y salta la última pantalla de calibración.



En la séptima y última pantalla tenemos las opciones de calibración para el posicionamiento de la torcha en los cuales modificaremos la posición aumentando y disminuyendo la trayectoria vertical de acuerdo a nuestras necesidades presionando las teclas **F6** y **F7** respectivamente, antes de empezar la calibración siempre debemos setear los valores iniciales definidos por default en el controlador con la tecla **F8**.

Para verificar la calibración contamos con la habilitación de inicio **F1** y stop **F2** sin la necesidad de bajar el cobertor y colocar el casquillo para poder realizar una adecuada calibración y es por esta razón que debemos cerciorarnos que el equipo debe estar apagado para evitar cualquier incidente o accidente.

También tenemos la opción para ajustar el abastecimiento adecuado del gas activando la válvula solenoide con la tecla **F5** esto se lo puede realizar una vez terminado de calibrar el posicionamiento de la torcha ya que para verificar el caudal del gas debe estar encendida la máquina de soldadura y abierta la llave de gas de la bombona. Lo más recomendable sería calibrar este parámetro manualmente antes de colocar la torcha en el soporte del mecanismo para evitar cualquier contratiempo.



En última instancia tenemos una tecla **ESC** en todas las pantallas de funciones la cual nos direcciona a la segunda pantalla para seleccionar la función que deseamos trabajar.

8. BIBLIOGRAFIA.

- Ascerind. *Aserind S.C.* Obtenido de: <http://www.cientificosaficionados.com/libros/solinox1.pdf>
- Automation Direct. (2007). *Manual del Sistema de Motores paso a paso Sure Step*. Obtenido de: <http://www.automationdirect.com/static/manuals/surestepmanualsp/appxa.pdf>
- Binzel Abicor. (2012). *Technology for de welder`s world*. Obtenido de: Antorchas y accesorios para el proceso de soldadura TIG: <http://www.slideshare.net/danilo1993com/antorchas-y-accesorios-para-el-proceso-de-soldadura>
- CAPLAB. (2001). *Manual de Soldadura Universal* (Segunda ed.). Lima: COSUDE-CAPLAB.
- G., N. (1972). *Tratado teórico practico de Elementos de Maquinas Calculo, Diseño y Construcción* (Segunda ed.). Barcelona: Labor S. A.
- Larry, J. (2010). *Manual de Soldadura GTAW (TIG)*. Madrid: Paraninfo.
- Mott, R. L. (2006). *Diseño de Elementos de Máquinas* (Cuarta ed.). México: Pearson.
- Nisbett, R. G. (2008). *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley* (Octava Edición ed.). Monterrey, Mexico: Mc Graw Hill.
- Norton, R. L. (2011). *Diseño de Maquinas un enfoque integrado*. (Cuarta ed.). (P. Hall, Ed.) Pearson Education.
- Riesco, G. H. *Manual del Soldador* (Sexta ed.). Cesol.

- Rivas, A., & Maria, J. (2009). *Soldadura Eléctrica y sistemas TIG y MAG* (Novena ed.). Madrid: Paraninfo.
- Rockhood Automation Co., Ltd. (s.f.). *Users manual XC Series PLC* (Segunda ed.).
- Rodriguez, P. C. (2001). *Manual de soldadura. Soldadura eléctrica, MIG y TIG*. (Primera ed.). Buenos Aires: Alsina.
- Romero, M. (2011). *UPCommons*. Obtenido de: upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3319/4/55868-4.pdf
- SALAMANCA, P. E. (2011). *Cartilla Gtaw*. Obtenido de: Centro Industrial y del Desarrollo Tecnológico: <http://elrincondelsoldador.blogspot.com/>
- Shinano Kenshi. *Full Line Catalog*. Obtenido de: Stepping Motors: pdf.directindustry.es/pdf/shinano-kenshi-32766.html
- Soldexsa-Oerlikon. (2008). *Manual de Soldadura & Catalogo de productos*. Obtenido de <http://www.slideshare.net/pedrohumb/manual-de-soldadura-oerlikon>
- TIG HANDBOOK. *TIG HANDBOOK for GTAW Gas Tungsten Arc Welding*.
- Xinje Electronic Co.,Ltd. *Operating manual XP/XMP Series Industrial Integral Controller* (Primera ed.).
- Zalazar, M. (2001). *Soldadura por arco con electrodo no consumible - Gas Tungsten Arc Welding*. Buenos Aires: Neuquen.